ENDEAVOUR

Revista trimestral designada a registrar el progreso
de las ciencias al servicio de la humanidad

VOLUMEN VI OCTUBRE 1947 NUMERO 24

La conservación de la energía

La teoría de la conservación de la energía fué la más importante generalización física establecida durante el siglo XIX, representando dentro del campo de la Física un papel semejante al del principio de conservación de la materia dentro de la Química. Ambos principios, que el estudio de los fenómenos atómicos ha demostrado ser interdependientes, tienen hoy tan fundamental importancia que es a veces difícil tener en cuenta que su establecimiento data de poco más de un siglo. En este año se celebra un centenario importante en la historia de la Física, ya que en 1847 se publicó en *The Philosophical Magazine* un estudio en el que James Prescott Joule describía con todo detalle sus mediciones de la equivalencia mecánica del calor, por el famoso método de la rueda de paletas, investigación que no sólo comprobó la relación exacta entre el calor y el trabajo mecánico sino que sirvió también para iniciar la comprensión de la relación cuantitativa entre todas las formas de energía. En este número aparece reproducida, en el artículo del Profesor H. J. Fleure, una página del libro de notas de Joule, miembro de *The Manchester Literary and Philosophical Society*, en la que se diseña tan histórico experimento.

Como sucede con numerosos descubrimientos científicos, el trabajo de Joule se hallaba inspirado en los estudios de predecesores y contemporáneos suyos; pero a su genio se debe la primera demostración convincente de que toda una variedad de fenómenos observados que se relacionan con la energía pueden ser interpretados a base de un único principio. En cierto aspecto, las teorías prevalentes en su época estorbaron su trabajo, ya que la hipótesis calórica, o materialista, del calor, según la cual el calor tenía las propiedades de un flúido, era comunmente aceptada; con lo cual, la teoría dinámica, finalmente establecida mediante los esfuerzos de Joule, no quedó reconocida hasta bien pasada la mitad del siglo XIX.

La teoría calórica había recibido, durante muchos años, el apoyo indirecto de la teoría flogística, y hasta que no fué ésta rechazada no se puso en cuestión a la primera, con la que tenía mucho en común. El calórico, como el flogisto, se suponía ser un flúido que no tenía ni peso ni substancia. En un principio se pensó asimismo que este flúido era altamente elástico, con partículas que se repelían mutuamente; pero una forma posterior de dicha teoría, tal como encontramos en la expostulación de Marat en 1780, mantenía que las partículas calóricas atraían a la materia ordinaria y que el calor quedaba distribuído entre los diferentes cuerpos en cantidades proporcionales a sus mutuas atracciones. Esta teoría, como la del flogisto tenía bastante sentido desde el punto de vista de una hipótesis práctica. Nicolas Carnot y Kelvin, por ejemplo, aunque acabasen aceptando la teoría dinámica, establecieron los fundamentos de la Termodinámica sobre la base de la hipótesis calórica.

La teoría calórica fué puesta en duda por vez primera cuando el método cuantitativo comenzó a ser utilizado en los estudios térmicos, del mismo modo que la teoría flogística se hizo sospechosa en cuanto comenzó a darse importancia a la balanza en los estudios químicos. La introducción de métodos cuantitativos se debe en gran parte a Joseph Black, quien en la última parte del siglo XVIII formuló los conceptos de calor específico y calor latente.

La primera refutación categórica de la teoría calórica se debe a Benjamin Thompson, Conde de Rumford, cuyas observaciones y medidas del calor generado durante la perforación de cañones de bronce, llevadas a cabo cuando él era Ministro de la Guerra en el estado de Baviera, son bien conocidas. Utilizó los métodos de Black para probar que, contra las predicciones de la teoría

calórica, el calor específico de las virutas de bronce desprendidas durante el taladraje era idéntico al del bronce originario, publicando un sumario de dichos resultados en su estudio clásico: « Concerniente al origen del calor producido mediante fricción », presentado a la *Royal Society* en 1798, en el que expresó su opinión categórica de que el calor era una forma de moción. Dichas conclusiones fueron confirmadas por Davy en 1812, a base de observaciones de la fusión del hielo mediante fricción; Davy también aseguró que el calor es una forma de moción y que sus leyes son esencialmente las mismas que las leyes del movimiento. Cinco años antes, el versátil físico y egiptólogo Tomas Young, había expresado asimismo serias dudas acerca de la veracidad de la teoría del calórico.

Lo que quizás no es comunmente sabido es que, aunque Rumford nunca realizase un cálculo cuantitativo de la equivalencia mecánica del calor, los resultados por él publicados hacen posible tal cálculo, que fué llevado a cabo, unos cincuenta años más tarde, por Joule, quien obtuvo los valores de un orden idéntico de magnitud a los que él mismo había deducido de sus experimentos mucho más precisos.

Un cálculo de la equivalencia mecánica del calor fué establecido por Julius Mayer a base de la diferencia de trabajo necesario para las compresiones adiabática e isotérmica de un gas, publicado en *The Philosophical Magazine* en 1842.

En 1843 se publicó también una lúcida exposición del principio de conservación de la energía, del filósofo dinamarqués Colding, quien observó que al deslizar un vehículo sobre raíles de diversos metales, la razón entre el calor generado y el trabajo era aproximadamente constante.

Los primeros experimentos de Joule en esta dirección tuvieron lugar en la última mitad de 1840, fecha en que publicó una nota sobre el efecto termal de una corriente eléctrica. Seguidamente relacionó dicho efecto termal con el trabajo realizado por el generador eléctrico, publicando su primer cálculo de la equivalencia mecánica del calor en 1843. En 1845 llevó a cabo una determinación independiente mediante la medida del calor durante la compresión de un gas; más tarde, en el mismo año, describió el método, desarrollado en su estudio de 1847, para la medición de la equivalencia mecánica del calor mediante la rotación de una paleta en un recipiente que contenía agua u otro líquido cualquiera. Sus investigaciones en dicho sentido quedaron resumidas en la celebre memoria presentada a la *Royal Society* en 1849.

Rumford, en una carta escrita a Pictet en 1804, expresaba la esperanza de que sus observaciones sobre la generación térmica durante la perforación de los cañones servirían para producirle la satisfacción de ver « enterrados en la misma tumba al calórico y al flogisto ». Esperanza que quedó defraudada, ya que fueron los estudios de Joule los que produjeron tal resultado.

La determinación del equivalente mecánico del calor sirvió para mucho más que para establecer una importantísima constante física. El hecho de ser una constante, por cualquier método que se la determinase, estableció el principio general de la conservación de la energía, para cuya completa enunciación colaboraron Helmholtz en Alemania y Colding en Dinamarca. El progreso de la ciencia no consiste meramente en la colección incesante de datos nuevos, por muy indispensable que sea dicho proceso, sino en la interpretación de tales datos dentro de un número relativamente corto de principios generales. El trabajo de Joule, inspirado en los estudios de sus predecesores, es de particular importancia debido a que a él le correspondió — caso excepcional — establecer uno de esos principios cuyo descubrimiento marca un estadio definido en el avance de la ciencia.

Redactor: E. J. HOLMYARD, M.A., M.Sc., D.Litt., F.R.I.C.
Redactor auxiliar: TREVOR I. WILLIAMS, B.A., B.Sc., D.Phil.
Ediciones extranjeras: J. A. WILCKEN, B.Sc., Ph.D.

Imperial Chemical Industries, Nobel House, Buckingham Gate, Londres, S.W.1.

Los rayos X y el átomo de carbono

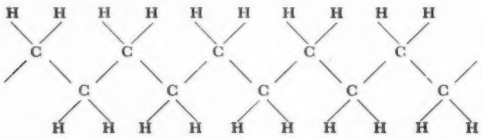
KATHLEEN LONSDALE

La misma Vida, además de todo un conjunto de actividades humanas, depende de las propiedades del átomo de carbono, en particular por lo que se refiere a la facultad de concatenación. Durante los últimos años, los Rayos X han servido para el estudio de la arquitectura de los compuestos orgánicos, suministrándonos datos sobre la forma molecular y las distancias inter-atómicas, especialmente en el caso de compuestos orgánicos en los que no es posible obtenerlos de otro modo.

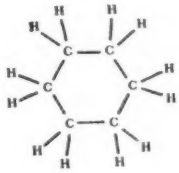
El átomo de carbono ocupa un lugar único en la tabla periódica de los elementos. Ni es electro-positivo, como los metales, ni, como los halógenos, electro-negativo; pero puede comportarse, en diferentes ocasiones, de ambas maneras. Al formar compuestos, ni cede ni absorbe electrones, sino que los usa en común con otros átomos. Puede combinarse con elementos de muy diversas propiedades; y con otros átomos de carbono sus combinaciones son infinitas.

El carbono, elemento tetravalente, posee cuatro electrones externos para unirse con otros átomos, y ha sido opinión de los investigadores, desde hace ya mucho, que cuando forma cuatro enlaces simples covalentes, como en el metano (CH_4), sus valencias se encuentran tetraédricamente dirigidas. En el cloruro de carbono (CCl_4), se combina por medio de cuatro enlaces covalentes simples con cuatro átomos de cloro colocados tetraédricamente a su alrededor; en el cloroformo ($CHCl_3$), por otra parte, el tetraedro está un poco achatado, y los átomos de cloro están un poco más separados que en el CCl_4.

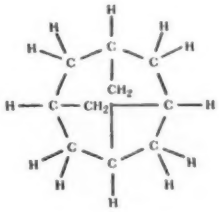
Una de las valencias del carbono puede formar un enlace con otro átomo de carbono, como en el caso del etano ($H_3C.CH_3$), y mediante una extensión del mismo proceso los átomos de carbono pueden formar largas cadenas abiertas bordeadas de átomos de hidrógeno, o cadenas cerradas de diversas clases. Ejemplos de moléculas de cadena abierta los tenemos en las parafinas, ácidos grasos y alcoholes; quizás el ejemplo más interesante de molécula de concatenación carbónica es el politeno, en el que varios millares de átomos están enlazados, formando una substancia de propiedades mecánicas y eléctricas únicas.



Como contraste con la infinita — en un sentido relativo — molécula de politeno tenemos las moléculas finitas y cerradas, como las del ciclohexano:

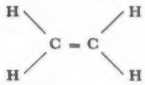


y adamantino:



En todos estos compuestos existen sólo enlaces simples entre los átomos de carbono.

Sin embargo, el carbono puede también formar enlaces dobles, como en el etileno



o en el anhidrido carbónico (O=C=O).

El carbono puede formar enlaces triples, como en el acetileno (H—C≡C—H) o el ácido hidrociánico (H—C≡N), pero nunca forma enlaces cuádruples. No hay una molécula finita Si≡C o C≡C. Cuando el carbono se combina sólo con carbono forma moléculas infinitas; pero esto puede realizarlo de muy diversas maneras. El diamante es esencialmente carbono puro, lo mismo que el grafito (aunque generalmente hay en ambos ciertas impurezas) pero ambos son muy diferentes.

El diamante puro es incoloro y duro, tiene una conductividad eléctrica muy baja y muy baja susceptibilidad diamagnética; su densidad es de 3,5 gm. por cm.^{3}. El grafito es negro y blando, de alta conductividad eléctrica y alta susceptibilidad diamagnética; su densidad sólo alcanza 2,3 gm. por cm.^{3}. Tales diferencias sólo pueden ser el resultado de la diferencia entre el sistema de enlace de los átomos, esto es, de su *estructura*. Ambos tienen interés industrial y científico, y ambos nos ofrecen problemas que aún no han hallado solución.

¿Cómo podremos determinar la estructura compuesta de átomos cuya distancia mutua es sólo de 0,000000015 cm. (1,5 Å)? La solución es sólo posible si existe una cierta regularidad en el enlace inter-atómico, si éste se repite en el espacio, de modo que llegue a formar un diseño rítmico. Es imposible *ver* dos objetos separadamente a menos que la distancia entre ambos sea, por lo menos, un tercio de la longitud de la onda luminosa, esto es, 1.500 Å como mínimo; y la distancia entre los átomos de carbono en el diamante es solamente una milésima de este mínimo. Un microscopio electrónico, utilizado en conjunción con una técnica especial para la preparación de ejemplares, nos dará observaciones de 15 Å, pero aún éstas no son lo suficientemente delicadas para mostrarnos el diseño atómico del diamante o del grafito en todo su detalle. Sin embargo, la longitud de onda de los Rayos X es de las mismas dimensiones que la distancia inter-atómica, y se pueden obtener impresiones en un film fotográfico, lo mismo que con las ondas luminosas o con electrones. No nos es posible utilizar los Rayos X para observar los átomos en el cristal directamente, pero las regulares combinaciones atómicas pueden desviar los rayos de tal modo que se obtengan diseños regulares de difracción registrables fotográficamente. Los átomos de un líquido o de un gas también difractan los Rayos X, pero sólo producen círculos difusos de los que puede deducirse la distancia *media* entre los átomos. Las pautas de difracción radiográfica de los sólidos pueden servir para determinar la exacta estructura atómica, y aun la densidad de distribución electrónica inter-atómica mediante complicados cálculos matemáticos. La pauta de difracción obtenida depende no sólo de la substancia examinada y del género de Rayos X en uso, sino también de la técnica experimental seguida. Algunas pautas típicas de compuestos carbónicos pueden observarse en las ilustraciones del presente artículo.

Estas medidas muestran que en el diamante los átomos de carbono poseen simetría tetraédrica: cada uno de ellos se encuentra tetraédricamente enlazado a otros cuatro, por medio de enlaces simples; construyéndose así una molécula tridimensional de gran tamaño, la cual posee gran dureza y un elevado punto de fusión debido a la resistencia de los enlaces covalentes inter-atómicos: no existen eslabones débiles en la cadena; y, en efecto, el diamante no se funde nunca: o bien se convierte en grafito, o se sublima. Su dureza es la cualidad industrial más importante: el 80% de todos los diamantes hoy producidos se utiliza en operaciones industriales, quedando finalmente destruídos. Debido a su estructura, el diamante es un excelente conductor del calor, pero tiene un coeficiente de expansión muy pequeño; el diamante puede ser calentado al rojo y sumergido después en aire líquido sin que se produzca efecto perjudicial alguno. Esto tiene gran importancia industrial y hace que el diamante sea utilizado en instrumentos de ingeniería de alta velocidad, los cuales se calientan rápidamente, impidiendo dicha propiedad del diamante quebraduras y desgastes demasiado rápidos. Se los utiliza también como moldes para el estirado de filamentos de tungsteno usados en las lámparas y válvulas eléctricas. Se utiliza asimismo el diamante en cierto tipo de maquinaria, en perforadoras que penetran más de 3.000 metros en el fondo de la tierra: el famoso tunel del Simplón, abierto en 1906, fué el primer gran proyecto de ingeniería en el que se emplearon perforadoras de diamante. La alta refracción y dispersión de las ondas luminosas, que da a los diamantes su calidad de gemas, su brillantez y fuego, son asimismo debidas a la estructura del cristal.

La del grafito es totalmente diferente. Los átomos no presentan una simetría tetraédrica, y los enlaces mutuos no son simples; sin embargo, tampoco pueden serlo dobles, ya que cada átomo se halla enlazado a otros *tres* formando una red hexagonal plana. Como las cuatro valencias del carbono están repartidas entre tres enlaces, cada enlace debe poseer 4/3 de valencia. El grafito consiste de dichas láminas hexagonales apiladas, formando una estructura de capas que tiene una resistencia muy débil entre las capas; esta estructura especial, con una alta resistencia en los enlaces inter-atómicos dentro de cada capa, pero muy reducida entre las capas mismas, es lo que da al grafito sus propiedades particulares. Como las capas se deslizan muy fácilmente unas sobre

otras, el grafito es un excelente lubricante; cuando escribimos con un lápiz dejamos sobre el papel una capa de grafito, y lo mismo sucede cuando usamos papel carbón; la tinta china es asimismo grafito pulverizado preparado en una base aglutinante. Como las capas de grafito se hallan tan inseguramente superpuestas es muy fácil introducir otros átomos entre ellas, lo cual explica el que las formas bastante impuras de carbono que se obtienen al quemar ciertas substancias carbonáceas, tienen el poder de absorber gases y retirar de una solución la materia colorante.

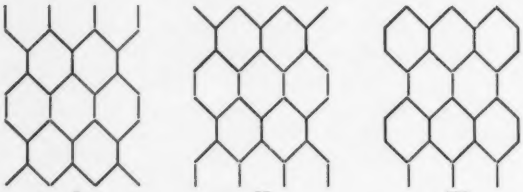
Las radiografías no sólo nos dan la estructura de una substancia cristalina, sino también el tamaño de los cristalitos de que se compone. Las radiografías de diversos carbonos nos muestran que se trata, en realidad, de grafito en un estado de diminuta división. En efecto, la absorción de los gases se debe al tamaño infinitesimal de los cristalitos, ya que hay una mayor superficie para un volumen dado y, por lo tanto, más fácil entrada a los átomos del gas. Los Rayos X indican también el estado vibratorio de los átomos; en estructuras tales como el grafito, su movimiento es más bien normal a las capas que dentro de las mismas. Este hecho explica el que la absorción de gases por el carbón vegetal se incremente considerablemente a muy baja temperatura. El grafito tiene también propiedades eléctricas de enorme utilidad. El exceso de electrones valenciales en las capas hace que el grafito se comporte como un metal; posee una alta conductividad en las capas, aunque perpendicularmente a éstas es un aislador. En forma de carbón, las capas de grafito se encuentran orientadas en todas direcciones, y la substancia, en conjunto, actúa como un conductor, aunque, si se le somete a cierta presión, ésta altera la orientación y, por lo tanto, la resistencia. Los carbones de una lámpara de arco y de una dínamo están hechos de un carbón bastante puro; también se usa carbón para los transmisores telefónicos.

Con todo, aún nos queda mucho por aprender acerca de la estructura del diamante y del grafito. Los Rayos X suministran una medida muy exacta de la distancia inter-atómica del diamante, distancia que varía entre 1,54465 Å y 1,54443 Å en los distintos ejemplares estudiados. Tales diferencias se deben sin duda a la presencia de impurezas. La investigación espectroscópica ha descubierto que en todos los diamantes examinados se hallan rastros de aluminio, sílice, calcio y manganeso; otros elementos pesados aparecen en algunos diamantes, pero el método usado no podía determinar la existencia de hidrógeno, boro, nitrógeno, oxígeno y otros elementos ligeros, muchos de los cuales son probables impurezas. Lo que no sabemos es cómo dichas impurezas se introducen dentro del enrejillado atómico del diamante, de manera que lo dilaten o contraigan, que es lo que indican los resultados radiográficos. Existen además otros efectos en las radiografías todavía inexplicables. Así, no conocemos las causas de los pequeños triángulos de puntos que aparecen cerca del centro de la figura 1, aunque sabemos que un triángulo es efecto de radiaciones de Cu$K\alpha$ y el otro de las de Cu$K\beta$ (las dos longitudes de onda principales halladas en los Rayos X de un anticátodo de cobre). No todos los diamantes producen dichos triángulos, aunque sí la mayoría. Se les conoce por el nombre de efecto de *sensitividad estructural*, pero no parecen ser sensitivos a la temperatura de manera notable. Las dos distintas clases de diamantes — los que producen dicho efecto y los que no — difieren además de otras muchas formas, aunque tengan aparentemente idéntica estructura. Su absorción de rayos infra-rojos y ultra-violeta es diferente. Sir C. V. Raman ha sugerido que hay, en realidad, cuatro clases distintas de diamantes, que se diferencian en la orientación de la estructura tetraédrica de los átomos de carbono.

El grafito es la forma más estable del carbono, y es posible convertir el diamante en grafito, pero aún no conocemos la manera de realizar el proceso contrario. Es cierto que algunos ejemplares de pequeño tamaño, presentes en el Museo de South Kensington, y catalogados como diamantes artificiales producidos por J. B. Hannay y regalados al Museo en 1880, han resultado, al ser analizados radiográficamente, diamantes reales. Sin embargo, nadie ha sido capaz hasta ahora de repetir el experimento. El mismo Hannay sólo pretendió un resultado favorable en el 6% de sus intentos.

El grafito presenta asimismo sus problemas. La distancia entre los átomos dentro de las capas, los cuales están más estrechamente enlazados que los del diamante, es solamente de $1{,}4210 \pm 0{,}0001$ Å. Las capas mismas se hallan a una distancia de 3,3541 A a 15° C. Al elevarse la temperatura, aumenta la distancia entre las capas, y el valor medio del coeficiente de expansión dentro de la escala de temperatura de 14,6° C. hasta 800° C es de $28{,}3 \times 10^{-6}$. Sin embargo, la distancia de carbono a carbono dentro de las capas disminuye al principio y sólo comienza a

aumentar arriba de los 400° C. El coeficiente de expansión desde 0 a 150° C es $-1{,}5 \times 10^{-6}$, y desde 600° a 800° C. es $+0{,}9 \times 10^{-6}$. Las capas consecutivas de átomos no descansan verticalmente unas sobre otras; la mayor parte del grafito consiste de capas alternantes tales como I, II; I, II; . . ., pero ciertos grafitos tienen la forma I, II, III; I, II, III; . . ., y un tanto por ciento



I II III

muy reducido consiste de capas colocadas al azar. Lo curioso es que los grafitos naturales de distintas partes del mundo parecen presentar un 80% bastante uniforme de la estructura I, II; I, II, y un 14% de la I, II, III; I, II, III. Unas líneas débiles en las radiografías de ciertos polvos de grafito, aún inexplicables, indican la presencia de otras estructuras. El grafito puede también formar compuestos de adición con otros átomos, tales como el potasio, o con radicales, como SO_4, que encajan dentro de las capas de una manera regular; de nuevo aquí tenemos una amplia variación posible en la estructura de las capas de grafito.

Cuando el carbono se alea con otros elementos produce substancias de gran importancia industrial. El carburo de tungsteno tiene una dureza comparable con la del diamante, y el efecto de añadir pequeñas cantidades de carbono al hierro es bien conocido. El hierro colado, que contiene arriba de 1,5% de carbono en forma de grafito, es muy quebradizo, pero barato, de fácil fusión y moldeo, y de gran resistencia a la compresión. Entre los aceros tenemos los aceros blandos, los aceros suaves, y los aceros medios. Todos ellos contienen menos de 1,5% de carbono, y deben sus varias características a la forma en que, debido a un tratamiento por calor adecuado, se hace encajar a los átomos de carbono dentro de la estructura del hierro. Tanto los efectos del tratamiento térmico como del tratamiento mecánico pueden estudiarse por medio de las radiografías.

Desde el punto de vista puramente científico es de gran interés llegar a conocer la forma en que se relacionan las diversas estructuras de los compuestos de carbono con las del diamante y del grafito. De una manera general, los compuestos de carbono pueden dividirse en dos grandes grupos. Los compuestos alifáticos son aquellos en que los enlaces de carbono con carbono son simples; los aromáticos y conjugados son aquellos en que existen enlaces simples y dobles alternadamente. Los alifáticos incluyen las estructuras en cadena cerrada y abierta; las cadenas cerradas pueden componerse enteramente de átomos de carbono, como en el ciclohexano, o bien pueden comprender átomos de oxígeno, u otros. En todos los compuestos alifáticos, los enlaces carbono-carbono son idénticos a los del diamante, desde un punto de vista estructural. Son de unos 1,54 Å de longitud, y los enlaces de un átomo de carbono se hallan dirigidos tetraédricamente. Pero existe una diferencia muy significativa. En el diamante, todo el cristal forma una gran molécula y todos los enlaces tienen la misma resistencia. En los compuestos alifáticos, las moléculas son finitas (aun en el politeno, la molécula es infinita sólo en una dirección) y las fuerzas entre las mismas son débiles; en los hidrocarbonos puros son tan débiles como las que unen las distintas capas de grafito. Las distancias entre las moléculas son también semejantes a las del grafito, de unas 3,5 Å. Si las moléculas contienen oxígeno o nitrógeno, los enlaces intermoleculares pueden estar formados por átomos de hidrógeno, la longitud de un enlace de hidrógeno o de un hidroxilo es de 2,5 a 2,9 Å, mucho mayor que la del enlace carbono-carbono. El único compuesto de carbono con una estructura similar a la del diamante es el carborundum (SiC), aunque aun éste se diferencia del primero en poseer diversas estructuras alternativas, en todas las cuales el cristal está formado por una sola molécula. Los compuestos alifáticos son suaves y tienen un bajo punto de fusión, debido a que es muy fácil romper los enlaces entre las moléculas.

Es curioso que aun las larguísimas cadenas alifáticas tienden a colocarse paralelas unas con otras, como los fósforos dentro de una caja. Esta es la razón de la formación de las pompas de jabón, que están formadas de cadenas paralelas de átomos de carbono con un borde de átomos de hidrógeno, colocadas perpendicularmente a la superficie de la pompa. Los ácidos grasos, tales como el esteárico, palmítico y oléico son constituyentes principales de los aceites, grasas, ceras y jabones. Dichos compuestos de cadena larga poseen un grupo muy activo, tal como el —COONa, en un extremo de la cadena. Cuando

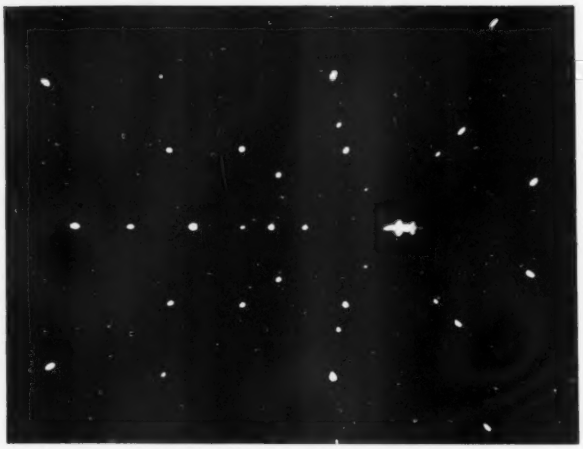


FIGURA 1 – *Radiografía de Laue de un cristal simple de diamante, estacionario, (de peso menor de 0,5 mg.), usando los Rayos X de un anti-cátodo de cobre, sobre un film plano. Nótense los dos pequeños triángulos de puntos a ambos lados de la reflexión de Laue.*

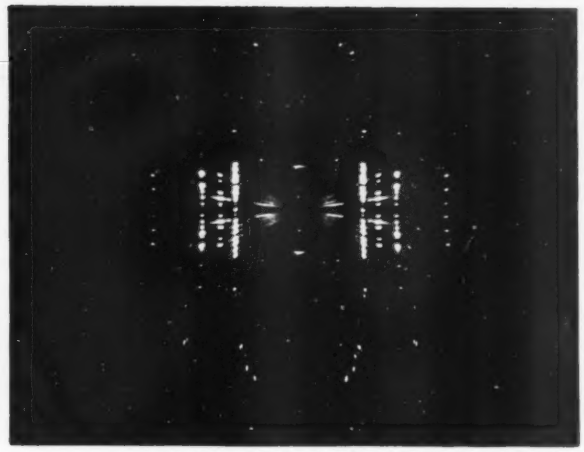


FIGURA 2 – *Radiografía de rotación del butadieno difenil* ($C_6H_5.(CH)_4.C_6H_5$)*; radiación CuK; film plano.*

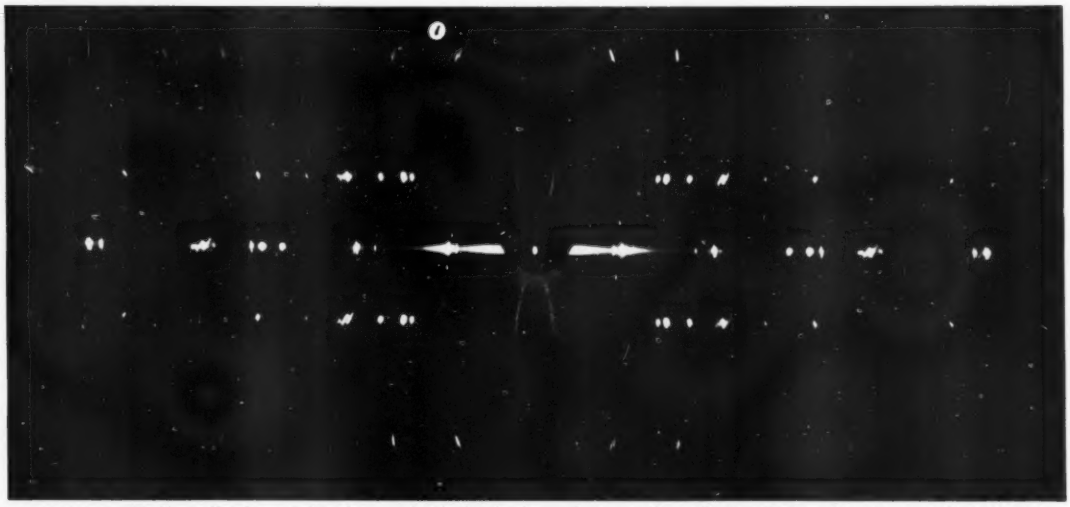


FIGURA 3 – *Radiografía de rotación de un cristal simple de grafito, usando radiación CuKα filtrada y un film cilíndrico.*

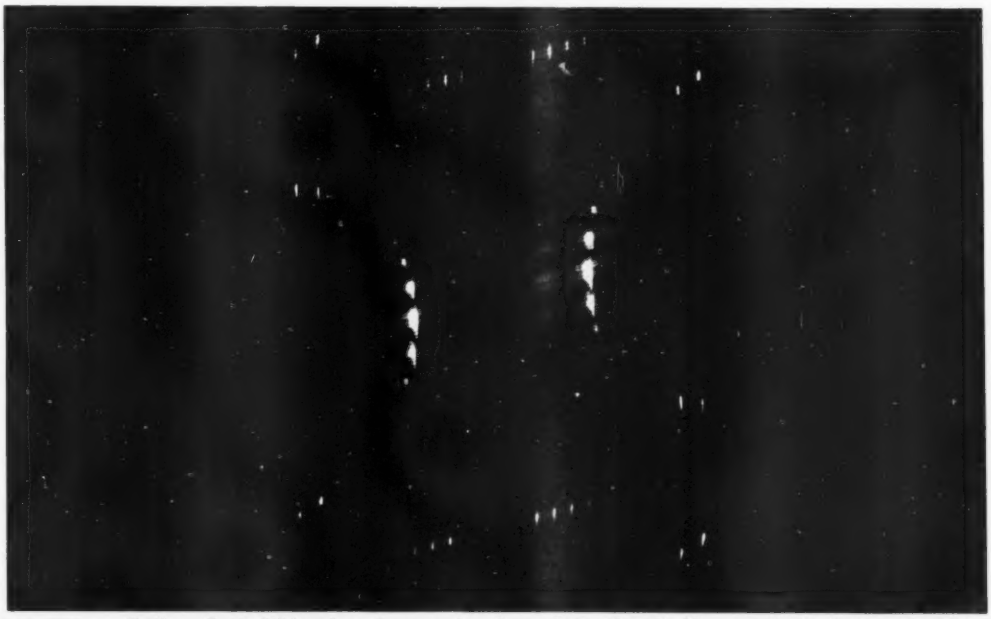


FIGURA 4 – *Radiografía de Weissenberg de una cadena larga de parafina* $C_{18}H_{38}$*, con el cristal girando y el film*

FIGURA 5 – *Radiofotografía de ciclohexano a la temperatura del aire líquido. (A temperaturas ordinarias dicha substancia es un líquido sin organización molecular regular.)*

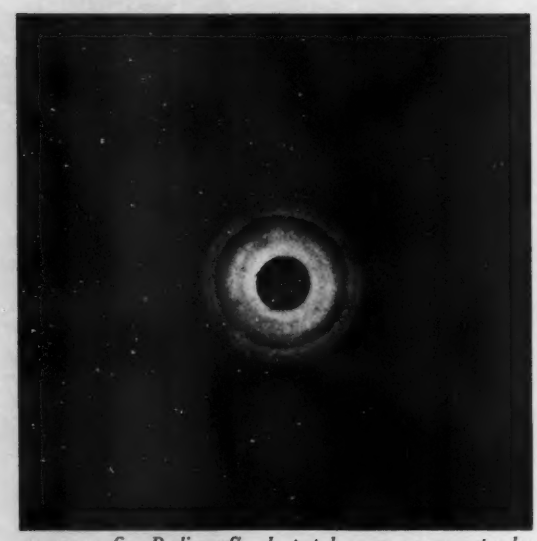


FIGURA 6 – *Radiografía de papel negro que muestra los anillos de polvo de la celulosa.*

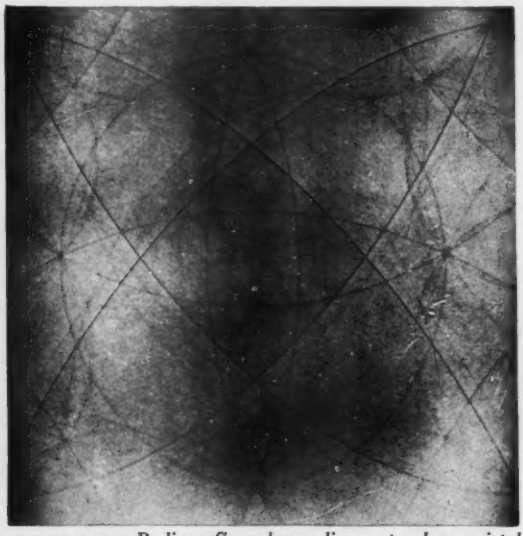
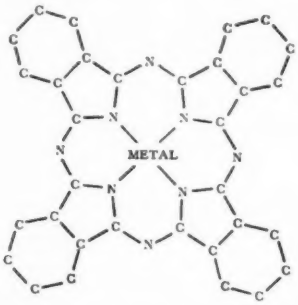


FIGURA 7 – *Radiografía a haces divergentes de un cristal simple de diamante. Tales fotografías, tomadas a gran distancia, pueden dar medidas muy exactas de la distancia entre carbonos en un diamante dado.*

una capa de aceite se extiende sobre la superficie del agua, los grupos activos se enlazan muy estrechamente a la superficie del agua, mientras que las cadenas de carbono se mantienen en pie, como los pelillos de una alfombra, sujetándose firmemente unas a otras. Las largas cadenas de politeno no forman haces paralelos a lo largo de toda su longitud, sino que una molécula forma parte de varios cristales de imperfecta formación que radian desde un centro y cuyas zonas intermedias se hallan en desorden; pero es posible, asimismo, estirar en frío al politeno de modo que dichos cristaloides se paralelicen.

Debido a la organización tetraédrica de los enlaces simples de carbono, los anillos carbónicos del ciclohexano y de los azúcares tienen una formación en zigzag, pero los anillos de los compuestos aromáticos, tales como el benceno, naftaleno, antraceno, tolueno, etc., son planos, y la distancia entre carbonos es sólo de unos 1,39 Å. El enlace carbono-carbono de dichos compuestos está intermedio entre ser un enlace simple y doble, como en el grafito, y en muchos puntos los derivados del benceno condensados se asemejan grandemente al grafito, sucediendo que, si se los coloca libres dentro de un campo magnético se orientan de modo que las líneas de fuerza estén lo más paralelamente posible a los planos moleculares. La distancia entre moléculas vecinas es también de unos 3,5 Å, excepto allí donde la conexión es a base de hidrógeno o un oxidrilo. El extendido anillo cerrado de carbono y nitrógeno que forma, con sus cuatro anillos de benceno enlazados, el núcleo de ftalocianina, tiene también naturaleza aromática, demostrándose, por medio de las determinaciones radiográficas de densidad electrónica, que toda la molécula es completamente plana. En efecto, su tendencia hacia la planicie es tal que los metales colocados en el centro del núcleo se ven forzados a formar enlaces planos para encajar en él, aun cuando se trate de elementos tales como el berilio, que se coordinan ordinariamente en forma tetraédrica. La ftalocianina de cobre, conocida comercialmente con el nombre de « Azul monastral », es un tinte sólido a la luz, el calor y la acción química.

En compuestos conjugados, tales como el butadieno ($H_2C{=}CH{-}CH{=}CH_2$) y el ácido sórbico ($H_3C{-}CH{=}CH{-}CH{=}CH{-}COOH$), donde existe una formación de cadena abierta y enlaces simples y dobles, las medidas radiográficas muestran que hay una tendencia de los enlaces hacia la igualación. El enlace «doble» es



evidentemente más largo que un enlace doble real, y aquí de nuevo la molécula tiende a ser plana. Y es plana, en efecto, a menos que se lo impidan grandes grupos substituyentes que se estorben unos a otros. El cristal gira también dentro de un campo magnético de modo que los planos moleculares estén paralelos a la dirección de la fuerza. Dicha acción muestra que hay algunos electrones (los mismos que dan al grafito sus propiedades semimetálicas) que pueden transmigrar a todos los átomos de carbono de la molécula.

La relación entre la estructura de los compuestos simples de carbono puede expresarse gráficamente de la siguiente manera:

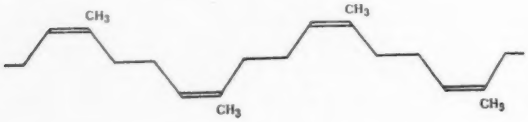
Carbono
- Diamante
- Compuestos alifáticos
  - Cadenas abiertas (parafinas, ácidos grasos, politeno, etc.)
  - Cadenas cerradas (ciclohexano, adamantino, azúcares, etc.)
- Grafito
  - Aromáticos (benceno, naftaleno, ftalocianina, etc.)
  - Conjugados (butadieno, hexatrieno, ácido sórbico, etc.)
- Acetileno, etc.

Sin embargo, hay un grupo de substancias que es muy difícil incluir en dichas divisiones: las gomas. La goma es esencialmente un alto polímero de isopreno $\left(\begin{array}{c} H_2C{=}C{-}CH{=}CH_2 \\ | \\ CH_3 \end{array}\right)$. La tendencia de los enlaces dobles y simples a igualarse significa que cada uno de ellos participa, hasta cierto punto, de la naturaleza del otro, y que no es difícil que los enlaces se transformen unos en otros, de donde se sigue la polimerización. $\left(\begin{array}{c} H_2C{=}C{-}CH{=}CH_2 \\ | \\ CH_3 \end{array}\right)$ se transforma en $\left(\begin{array}{c} {-}CH_2{-}C{=}CH{-}CH_2{-} \\ | \\ CH_3 \end{array}\right)_n$ y en el polímero hay entonces una serie de 3 : 1 de enlaces simples y dobles.

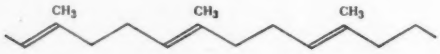
Esta es una de las cadenas gomosas, las cuales no tienden a alinearse como lo hacen las parafinas de cadena larga, sino más bien a enroscarse formando una estructura que no presenta una pauta espacial definida y que da radiografías semejantes a las de los líquidos. Sin embargo, cuando se hallan plenamente extendidas, las gomas producen radiografías semejantes a las de los cristales rotantes. Al ser estiradas, no sólo se enderezan las cadenas, sino que una vez enderezadas sus enlaces laterales muestran cierta regularidad en un número considerable de moléculas. La examinación por Rayos X de compuestos simples de carbono en los que hay tres enlaces simples entre dos dobles ha revelado otro hecho sorprendente, y es que el enlace medio de los tres simples es más corto de lo que debiera. La cadena tiende a adquirir, al parecer, cierto grado de conjugación, aunque se ignora la razón de dicha tendencia.

Otro gran número de altos polímeros presentan una semejanza mecánica a la goma. El isobutileno $\left(\begin{array}{c} CH_3 \diagdown \\ \quad C{=}CH_2 \\ CH_3 \diagup \end{array}\right)$ se polimeriza en poli-isobutileno $\left(\begin{array}{c} CH_3 \diagdown \\ \quad {-}C{-}CH_2{-} \\ CH_3 \diagup \end{array}\right)_n$ y aunque los enlaces son ahora todos simples, las cadenas no tienden a extenderse en haces rectos, como en el politeno

$(—CH_2—CH_2—)_n$ sino que se rizan y producen, al ser examinadas radiográficamente, una pauta semejante a la de las substancias amorfas y líquidas. Estirado mil veces su tamaño normal, el poli-isobutileno da una bella pauta de cristalización simple. La gomosidad de la goma no es, por consiguiente, característica peculiar de la razón 3 : 1 de enlaces simples y dobles. Hay, además, otra forma de poli-isopreno, la gutapercha, que no es gomosa, sino una substancia córnea y cristalina. Los estudios radiográficos indican que la goma es la llamada forma *cis*, que cuando se estira da una cadena de este tipo:

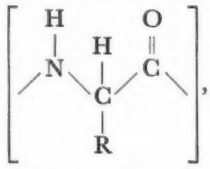


mientras que la gutapercha es la forma *trans*, del tipo:



Los compuestos de carbono más importantes son, con todo, los que componen la materia viva, vegetal o animal. A la luz solar, las plantas verdes pueden asimilar el anhidrido carbónico de la atmósfera y convertirlo, con agua, en carbohidratos, que forman luego cadenas polisacáridas de las cuales la más conocida es la celulosa. Las fibras vegetales como el algodón y el cañamo, y las formas regeneradas de fibras celulósicas, tales como la seda artificial «viscosa» producen excelentes radiografías. En ellas se ve que las cadenas polisacarídicas deben hallarse plenamente extendidas puesto que registran una pauta muy regular. Sin embargo, hay varios métodos para distribuir el mismo número de átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno; la celulosa es uno sólo, el ácido algínico que existe en las algas es otro, y puede ser también empleado para la fabricación de seda artificial. Los cristaloides de las fibras están colocados con su mayor longitud paralela al eje de la fibra (en el caso del algodón se hallan enroscados espiralmente a ella); pero en el papel, o en el celofán, se descolocan, como muestran muy claro las radiografías que, en el caso del papel, producen una típica pauta de polvo (figura 6).

Los animales no pueden asimilar el anhidrido carbónico, pero necesitan el carbono para fabricar las proteínas que pueden ser desintegradas y reintegradas cuando es necesario. Las cadenas proteínicas no son cadenas puramente carbónicas, ya que en ellas el nitrógeno es un elemento esencial. Son cadenas polipéptidas, creadas mediante la combinación de residuos amino-ácidos

tales como 

, en donde R puede

ser cualquier grupo lateral; tales cadenas existen en variedades casi infinitas. La proteína de la seda natural, la fibroína, produce una excelente pauta radiográfica donde se muestra la presencia de cadenas totalmente extendidas. Las pautas de la lana, el cuerno, y el pelo, por un lado, y el músculo, por otro, no son tan buenas, pero presentan una curiosa similaridad, mostrando que a pesar de su diferente constitución química, la lana y el músculo debe ser arquitectónicamente parecidas. Ambos producen una pauta típica cuando no están estirados, y otra distinta cuando lo están, pero en ambos casos las dos substancias son idénticas en estructura. Los Rayos X han mostrado que las estructuras proteínicas de las aves y los reptiles están relacionadas. Las fibras sintéticas, tales como el nylón, producen también excelentes pautas radiográficas.

Algunas de las pautas de las proteínas globulares, como la insulina y la hemoglobina, y de los viruses, son de tal complicación y nos suministran tantos datos que la actual técnica analítica no puede estudiarlas satisfactoriamente. Los análisis recientes del yoduro de colesteril y de la penicilina, realizados con la ayuda de los Rayos X en su máximo poder, nos animan a esperar que dichos compuestos carbónicos nos descubran algún día asimismo el secreto de su estructura.

Existe, con todo, una dirección en la que los Rayos X no han producido resultados satisfactorios: Las substancias plásticas sintéticas, todas ellas compuestos carbónicos altamente polimerizados, parecen no poseer regularidad estructural, y suministran por lo tanto, muy pocos datos en sus pautas de difracción radiográfica.

La Sociedad Literaria y Filosófica de Manchester

H. J. FLEURE

La influencia de la ciencia sobre el desarrollo de las creencias religiosas ha sido discutida muy a menudo, pero el proceso opuesto no ha recibido generalmente la misma atención. La historia de *The Manchester Literary and Philosophical Society*, asociación científica británica de las más antiguas, puede ser trazada, según muestra el autor del presente artículo, hasta las disputas religiosas del siglo XVII.

Fué en el siglo XVII particularmente cuando los pensadores comenzaron a comprender que la verdad debía ser alcanzada mediante la observación y el experimento, y que ni siquiera Aristóteles representaba una autoridad definitiva. Tan importantísima conclusión, alcanzada en una era de dogmas rigidísimos — de los que era secuela necesaria la persecución de los heréticos — produjo como consecuencia la asociación de todos los investigadores en grupos de intercambio de ideas y mutuo apoyo. El ejemplo máximo en la Gran Bretaña, después de las investigaciones de Bacon y de Harvey, fué la formación del grupo que más adelante había de convertirse en el núcleo de la *Royal Society*, a la que le fué otorgada la Carta Real de Carlos II en 1662. En otros países, el Estado mismo se encargó de la formación de academias, que llegaron así a ser, en cierto modo, instituciones estatales. Es característico de la tradición británica que dicho movimiento se inició y permaneció separado de la organización estatal, por mucho que en determinadas ocasiones el Estado se interesase en las diversas investigaciones de la Sociedad. En 1662 adquirió fuerza de ley el Acta de Uniformidad, mediante la cual se buscaba establecer un canon regularizado de creencias y ceremonial en la Iglesia Episcopal Inglesa. Gran número de eclesiásticos renunciaron sus empleos, siendo ejemplo notable el de John Chorlton, de la iglesia parroquial de Manchester (hoy Catedral), quien, como muchos ministros ahora cesantes, formó una congregación de disidentes.

Dichos grupos disidentes del siglo XVII se hallaban profundamente interesados en la teología calvinista y el fundamento filosófico de la misma. Eran, por consiguiente, en cierto modo, una continuación del escolasticismo medieval, pero fuera de la tradición eclesiástica más formalista y autoritaria. Cuando, tras la revolución de 1688, se estableció una mayor tolerancia, el grupo de John Chorlton construyó la Capilla de Cross Street, en Manchester (1694), perteneciente a la secta presbiteriana, nombrando a Henry Newcome ayudante de Chorlton. Como las antiguas Universidades y Colegios (Grammar Schools) eran y habían de permanecer por mucho tiempo exclusivamente episcopales, los grupos disidentes se vieron obligados a organizar un tipo de educación fuera de las barreras oficiales, teniendo que aceptar como principio, al menos nominal, la libertad de conciencia y, por lo tanto, de discusión. En 1699 Chorlton y Newgate « establecieron estudios universitarios en una gran mansión en la aldea de Deansgate », cerca de Manchester, estudios que se componían de un curso de cinco años en Letras y Teología.

El historiador del colegio y academia de Carmarthen, el profesor R. T. Jenkins,[1] ha descrito las características de la educación en las academias del siglo XVIII:

1. Gran importancia dada a las matemáticas y ciencias.
2. Inclusión en el curso de Filosofía de sistemas que aún no se estudiaban en Oxford, como el de Locke y el de los filósofos escoceses.
3. Exigencia de un nivel más elevado en los estudios de hebreo para los aspirantes al ministerio religioso.
4. Uso del inglés, en lugar del latín, como lengua de instrucción.

Una academia muy importante, fundada en Warrington (a 25 Km. de Manchester) en 1757 duró hasta 1783. Una de las razones del prestigio de dicha institución es que en ella enseñó

[1] R. T. Jenkins, *History of Carmarthen*, editada por el profesor Sir John Edward Lloyd, vol. II, p. 237 (1939).

Joseph Priestley, que había sido ministro de la Capilla de Cross Street, desde 1761–7, antes de trasladarse a Leeds. Entre sus discípulos se hallaba Thomas Percival, fundador de la Sociedad Literaria y Filosófica de Manchester (1781) y de la segunda Academia de Manchester (1786), que vino a reemplazar a la difunta institución de Warrington. Percival pertenecía a una familia de médicos de Warrington, habiendo nacido en 1740. La fortuna familiar le permitió realizar viajes por Europa, donde asistió a diversas universidades. Hombre educado y de amable personalidad fué elegido miembro de la *Royal Society* a la temprana edad de 25 años; pero parece haberse distinguido más por su buen sentido general y por su dignidad que por ninguna investigación original o especial poder de exposición.

Los grupos disidentes y las academias del siglo XVIII eran, en un sentido especial, grupos de discusión, apareciendo en ellos la eterna diferencia entre el tipo de inteligencia liberal y el autoritario. El primero tendía más bien hacia el Unitarianismo. Dichas tendencias en la controversia hicieron más unitarias las academias y otros colegios basados en la libertad de conciencia; la Capilla de Cross Street se hizo unitaria, aunque conservó el nombre de Presbiteriana. Percival era una figura importante en este proceso, siempre fiel discípulo de Priestley, quien, después de haber pasado un año en Leeds (1767–8), pasó a Birmingham donde formó una « Sociedad Lunar », cuyo nombre se derivaba de que sus reuniones se celebraban en noches de luna llena, dato interesante sobre las dificultades con que tropezaban en aquel tiempo. La *Lunar Society* tenía su contrapartida en otras ciudades, Bristol, Dublín, Edimburgo, y Norwich, pero la de Birmingham tenía gran poder, ya que incluía a Erasmus Darwin, Boulton, Watt, Priestley, y Wedgwood. Se ha dicho que era demasiado fuerte para que pudiese durar y en efecto, al morir o abandonar la ciudad todos esos pensadores, la Sociedad desapareció. Hay indicios de que cierto grupo se reunió en Manchester durante algunos años, en la casa de Percival, en King Street, y que su amigo y condiscípulo de Priestley, Thomas Barnes, ministro de la Capilla de Cross Street, era activo miembro de dicho grupo; así su actividad parece probada en la propuesta de Percival de establecer Edictos de Mortalidad de Manchester más comprensivos y exactos (1773), y también un censo parroquial más completo. Estos esfuerzos de Percival condujeron a la formación del Consejo de Sanidad de Manchester en 1796.

En 1781, el grupo que rodeaba a Percival se constituyó en la Sociedad Literaria y Filosófica de Manchester, con Peter Mainwaring, Doctor de Medicina, y James Massey, Concejal de Salford, de Co-presidentes. Las primeras reuniones de la Sociedad se celebraron en el Café de la Asamblea, pero antes de finalizar el año la Capilla de Cross Street era el lugar oficial de sus reuniones. Percival, que al parecer fué uno de los primeros médicos que recetó el uso del aceite de hígado de bacalao en casos de tendencia a la tuberculosis, sucedió a Mainwaring en 1782, ocupando la presidencia solo desde 1789 hasta su muerte en 1804. La influencia de la nueva Sociedad la demuestra el hecho de que, cuando en 1786 se fundó, o refundó, una Academia que continuase la tarea realizada previamente por la Academia de Warrington, se decidió que, como prueba de respeto hacia la Sociedad, los directivos de la misma fuesen nombrados Consejeros del Colegio.

Los estudios discutidos en las reuniones de la Sociedad tenían muy diversos temas, pero merece mención uno de Charley White sobre las graduaciones de las formas animales: había observado la prueba de tal graduación, pero no quería admitir la idea de un desarrollo evolutivo. El Dr. Aikin discursó sobre « La vida en las altas latitudes » estudiando los factores causantes del escorbuto. Alexander McDougall escribió sobre el uso del ácido carbólico en el tratamiento de las heridas.

En 1793 la Academia de Manchester decidió emplear a John Dalton de profesor, y en 1794 se hizo miembro de la Sociedad. Con el apoyo de mente tan poderosa, la Sociedad se desarrolló considerablemente, habiéndose calculado que durante los cincuenta años en que fué miembro, Dalton presentó 116 trabajos, de los que se han publicado 26. Fué nombrado Secretario en 1800, Vicepresidente en 1808, y Presidente desde 1819 hasta su muerte en 1844.

Poco después de su ingreso en la Sociedad, Dalton presentó su primer trabajo, que fué el famoso sobre los grados de la ceguera daltónica, basado en su propio defecto de visión. El tratado de Dalton sobre la meteorología fué otro de sus estudios juveniles que abrían nuevos horizontes, y continuó trabajando sobre el mismo tema hasta su muerte, siendo su último estudio un trabajo sobre el clima de Manchester. Su labor más importante fué la enunciación de la teoría atómica; un estudio de todos los trabajos de Dalton en dicha dirección fué publicado por el Dr. Andrew Meldrum en la Memoria de la

FIGURA 1 – *La Capilla de Cross Street, Manchester, donde se celebraron las primeras reuniones de la Sociedad.*

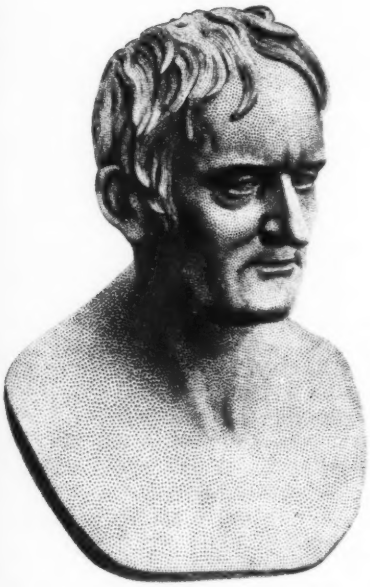


FIGURA 2 – *John Dalton.*
(*De* Memoirs of the Life and Scientific Researches of John Dalton, *por W. C. Henry*)

FIGURA 3 – *Algunos aparatos de Dalton, destruídos en un ataque aéreo el 23 de diciembre de 1940.* (*De* Makers of Chemistry, *por E. J. Holmyard*)

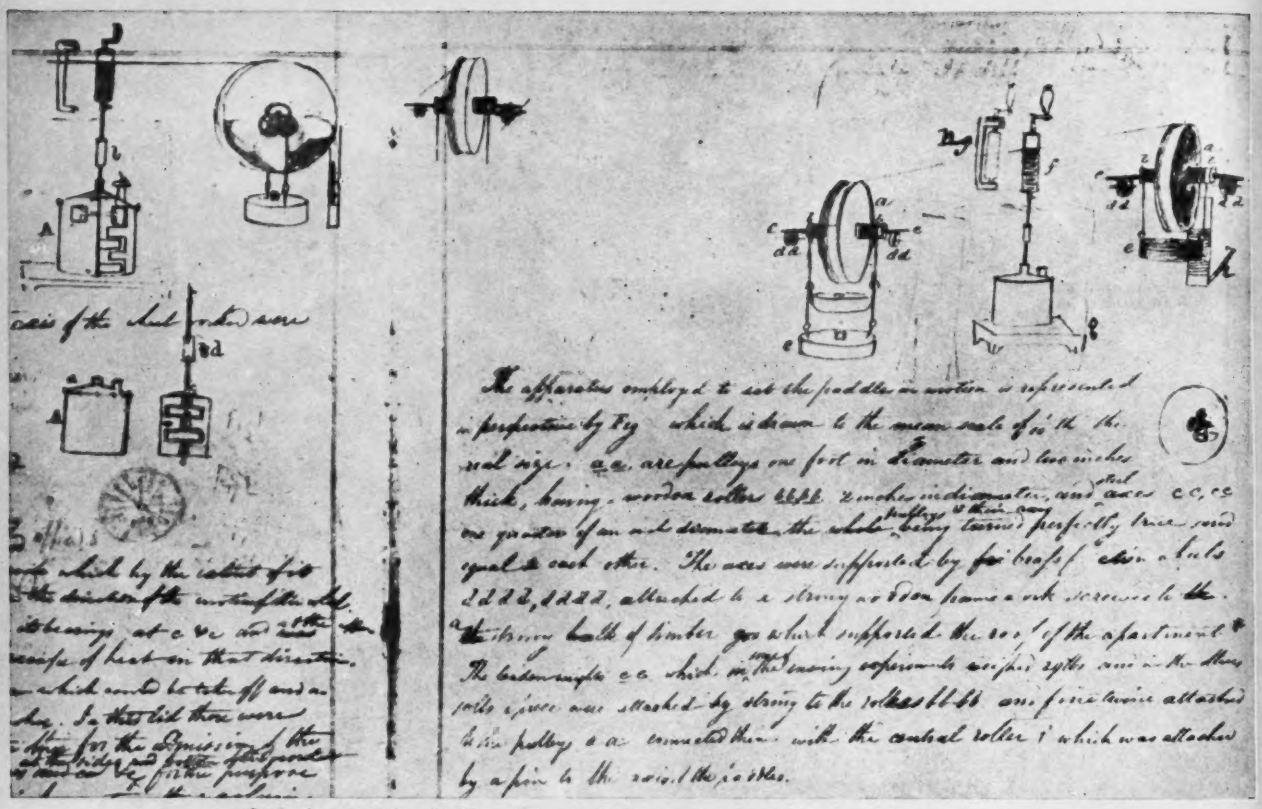


FIGURA 4 – *Copia de una página del libro de apuntes de Joule en la que dibujó y describió sus planes para la determinación final de la equivalencia mecánica del calor.*

Sociedad del año 1910–11 (vols. LIV y LV Nueva, Serie).

En 1799 la Sociedad compró una casa por 600 libras en George Street, 36. Allí tenía Dalton una habitación donde podía trabajar y enseñar, viviendo durante muchos años no muy lejos. Como la Academia de Manchester se trasladó a York en 1803, no regresando a Manchester hasta 1840 (para trasladarse de nuevo en 1853, primero a Londres y luego ya definitivamente al Colegio de Manchester de Oxford), la ayuda que la Sociedad prestó a Dalton era, sin disputa, muy útil; y muy apropiada, ciertamente, ya que la Sociedad debía su prestigio casi por entero al trabajo del sabio.

Volviendo a los primeros días de la Sociedad hallamos otro nombre que también había de alcanzar la celebridad. El joven Robert Owen asistió por vez primera en ocasión en que el Dr. Guthrie leía un estudio sobre la naturaleza y cultivo del algodón persa, siendo invitado a intervenir en la discusión, prueba de que sus trabajos relacionados con el perfeccionamiento del hilado del algodón fino se estaban haciendo conocer. Durante su residencia en Manchester, Owen leyó diversos estudios en la Sociedad sobre el progreso del comercio algodonero (1793), la utilidad de la erudición (1793), la relación entre la felicidad universal y la mecánica práctica (1795), y el origen de las opiniones con objeto de mejorar las virtudes sociales (1796). En ellas se muestra la tendencia de un pensamiento que iba a producir más adelante resultados de gran interés.

El Reverendo Thomas Barnes, primer Secretario y Ministro de la Capilla de Cross Street, era hombre que tenía conciencia de los problemas sociales muy avanzada para su época. En un trabajo leído ante la Sociedad se describe la idea de un Instituto de Mecánica. Este *Mechanics' Institute* quedó fundado en 1824, y fué el germen de lo que hoy recibe el nombre de *College of Technology*.

Hasta 1840, los temas estudiados en la Sociedad varían considerablemente, aunque parece que Dalton no se inclinaba hacia los vagos discursos literarios. H. H. Watson estudió las propiedades eflorescentes de las sales de soda; W. Fairbairn (luego Sir William) publicó complicadas cifras relacionadas con la resistencia del hierro colado; otros estudios trataban de la patata « Rohan », la pera « Jargonelle », el carbón del Sur de Lancashire, los caracteres babilónicos o cuneiformes, etc.

En 1842, J. P. Joule se inscribió en la Sociedad, siendo nombrado Secretario cuatro años más tarde. La ciencia evolucionaba rápidamente, haciéndose cada vez más especializada, y la *Royal Society* de Londres iba metamorfoseándose en lo que ha sido casi durante los últimos cien años, mediante la elección de sus miembros, ahora muy reducidos, por medio de comités de especialistas; de aquí que los estudios literarios y artísticos se hiciesen cada vez más raros en las reuniones de la Sociedad, hasta que, hacia 1930, el Secretario W. B. Wright realizó un esfuerzo para reintroducir dichos temas.

La Sociedad pronto comenzó a sentir el deterioro causado por el hecho de que los estudios, que a principios de su existencia le eran presentados, fuesen enviados con mayor y mayor frecuencia a las sociedades especializadas de carácter nacional, o a la *Royal Society*. El Colegio Owens, generosamente dotado por John Owens, quedó fundado en 1851, y desde su origen sus profesores tomaron parte muy activa en la Sociedad, especialmente W. C. Williamson, pero la institución no tenía aún mucha fuerza y prestigio. Crecía la opinión de que las memorias especializadas quedaban desconocidas si aparecían como publicaciones de una sociedad tan general como la de Manchester. El volumen centenario de « Memorias y Reuniones » insiste sobre dicho punto. Parece como si los directivos y selectores de publicaciones se diesen poca cuenta de los nuevos campos de investigación y estudio que habían abierto con sus trabajos Robert Owen, con sus estudios de beneficencia social, Thomas Barnes, con sus proyectos educativos, y Thomas Percival, con sus esfuerzos para suprimir el humo industrial. El nuevo prestigio de la *Royal Society* de Londres era asimismo otra influencia incontrarrestable.

Henry Wilde, inventor de una dínamo mejorada, de reflectores y otros instrumentos eléctricos, amplió la casa de George Street y donó a la Sociedad diez mil libras, con cuyo interés se pudo pagar el salario de un secretario y parte del costo de publicación de las memorias. Hacia esta época, la casa de la Sociedad se había convertido en uno de los monumentos históricos de Manchester, con un hermoso salón que contenía mobiliario atribuído a Sheraton, retratos al óleo de Newton, Davy, Dalton, Joule, Percival, y otros, y una colección de los diagramas de Dalton referentes a la teoría atómica, así como una gran colección de retratos de científicos, regalada por el Dr. Francis Jones en memoria de su padre, que fué Secretario de 1896 a 1906 y Presidente de 1910–11. Había también muchas piezas de los aparatos de Dalton, sus medallas (incluso la medalla « Copley » de la *Royal Society*) y algunos termómetros y otros objetos usados por Joule. Pero el mayor tesoro de la Sociedad era su Biblioteca, que contenía colecciones de publicaciones periódicas científicas, tales como los *Challenger Reports*, las series de la Sociedad Paleontográfica, *Palaeontologia Indica*, y otras muchas más. El *Elements of English Grammar* de Dalton, publicado en 1801, era una de las posesiones más preciadas de la Sociedad, que poseía asimismo muchos libros preciosos. En el período que siguió a la guerra de 1914–18, Mr. R. H. Clayton, Tesorero y Presidente, hizo generosas donaciones a la Sociedad para la mejora de su local, y el *Carnegie United Kingdom Trust* contribuyó considerablemente para el encuadernado de las publicaciones de su Biblioteca.

Quizás la más grande dificultad de la Sociedad era que vivía en el pasado, habiéndose convertido su función en guardar y custodiar una casa que había adquirido valor histórico. En 1940 se aconsejó a la Sociedad, consejo que por desgracia fué aceptado, que podía guardar sus tesoros con toda seguridad en los sótanos del edificio. El ataque aéreo contra Manchester del 23 diciembre de 1940 inició un inmenso incendio que se propagó desde Piccadilly y destruyó la casa de George Street tan completamente que sólo pudieron salvarse unos objetos en sus sótanos. La Sociedad continuó viva durante los años de la guerra de 1939–45, y parece ahora entrar en una nueva fase de su existencia, en la cual la Universidad de Manchester, los ciudadanos que se preocupan por el progreso social y las grandes industrias que necesitan constante contacto científico, toman parte muy importante. Desde su origen la Sociedad « Lit. y Fil.»— su nombre más familiar — ha defendido la libertad de discusión y amplitud de pensamiento, cualidades de tanto valor hoy como lo fueron en tiempos pasados.

Los colores de los animales marinos

T. A. STEPHENSON

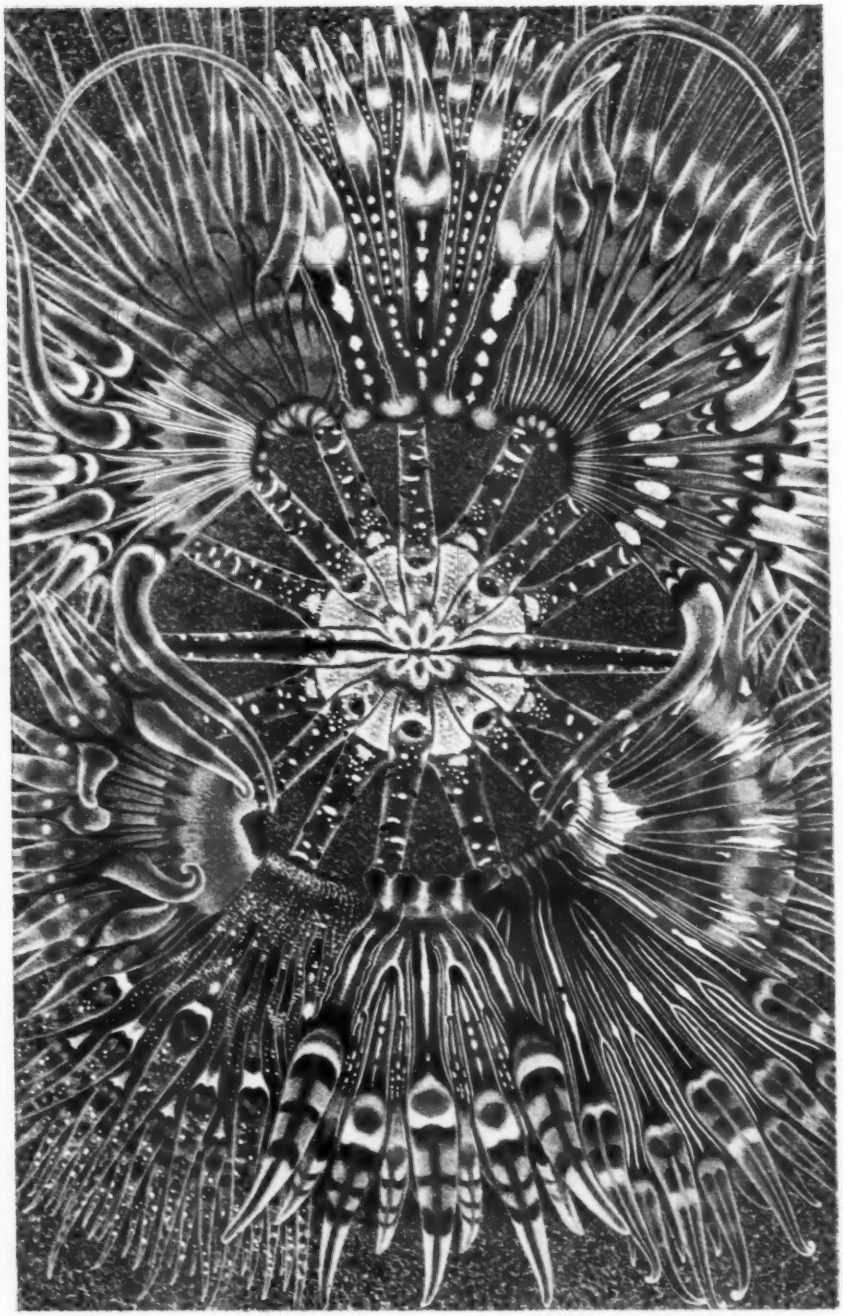
La naturaleza funcional de la coloración biológica ha sido estudiada durante muchos años, pero la mayor parte de las observaciones y experimentos se han referido a los animales de tierra. El Profesor Stephenson sugiere en este artículo que el examen de la coloración de los animales marinos puede abrir nuevos campos a la investigación. Discute también la posibilidad, no siempre reconocida, de que existan esquemas de color no relacionados con las funciones fisiológicas o ecológicas.

Durante muchos años, los biólogos han venido describiendo las funciones de los colores y dibujos en las plantas y en los animales; pero por muy interesante que resulte esta literatura, palidece al lado de la que nos ofrecen otras ramas de la biología. Así, mientras la bibliografía del reciente libro de H. B. Cott *Adaptive Coloration in Animals* (« La coloración de adaptación en los animales »), publicado en 1940, contiene 685 referencias, la del *Chemical Embryology* por J. Needham (1931) cita un número de ellas diez veces mayor. Por lo que se refiere al reino animal, la literatura de este tipo ha culminado en la magistral obra de Cott que acabamos de citar. Esta obra nos muestra con toda claridad los resultados alcanzados hasta la fecha, y viene a probar que nuestros conocimientos en la materia son mucho más sólidos de lo que pudiera suponerse. Puede aceptarse que los esquemas de colores y dibujos que disimulan, denuncian o disfrazan a sus poseedores son de una importancia capital en la vida de los animales. La conclusión de Cott según la cual, « la coloración de adaptación es uno de los principales atributos de los animales superiores y constituye uno de los más notables logros de la evolución orgánica », no puede considerarse exagerada.

La cuestión de los animales acuáticos origina varios problemas de interés. ¿ Por qué los animales marinos suelen estar brillantemente coloreados, mientras que los animales de agua dulce usan más bien colores oscuros ? ¿ Tienen aplicación a los animales marinos todos los principios que se ha probado que influyen en la coloración de los animales de tierra ? ¿ Explican estos principios del todo, o sólo en parte, los fenómenos que observamos en el mar ? ¿ Existen principios aplicables al mar y no a la tierra ?

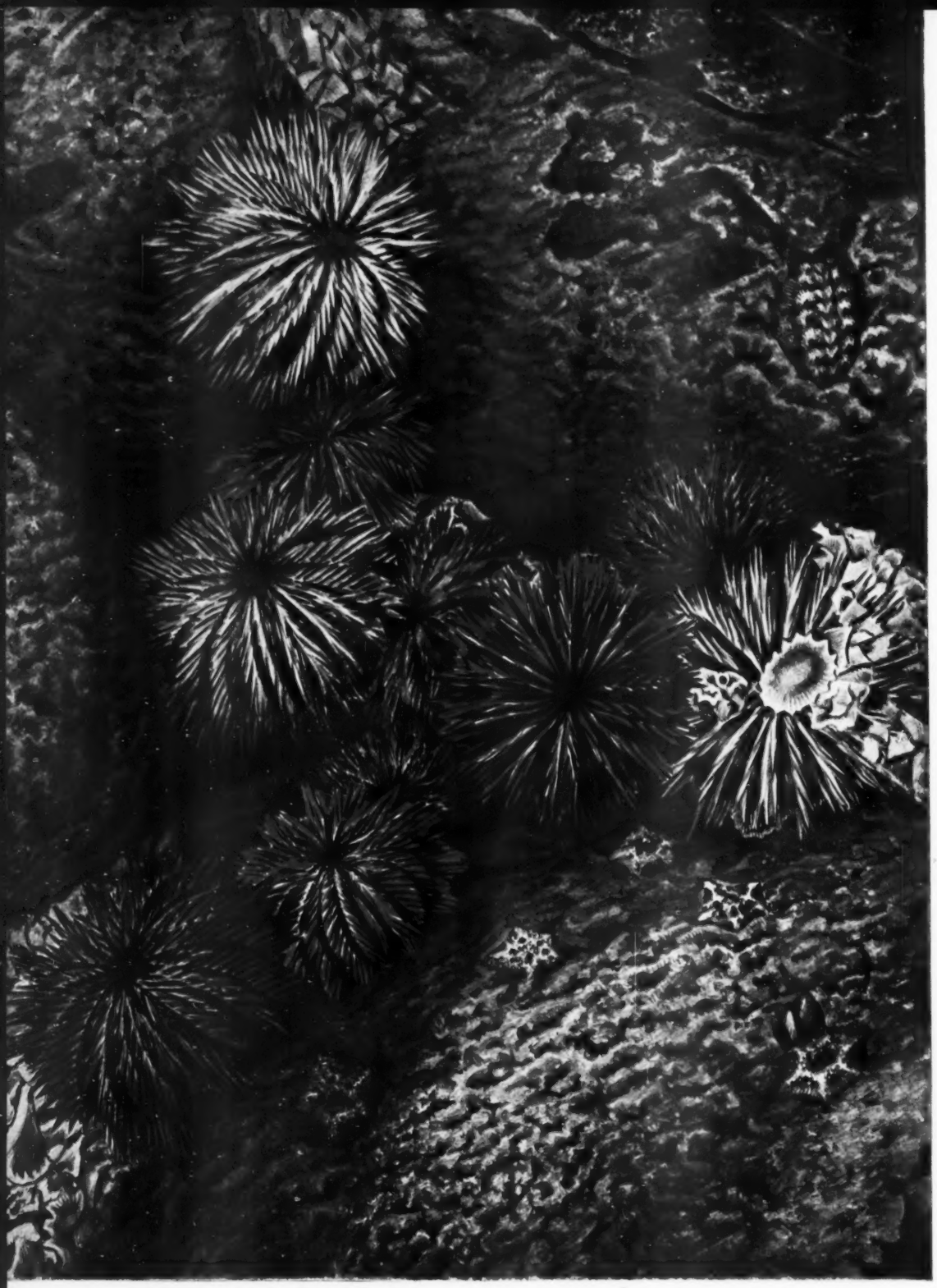
Un tema de estudio que podría ser muy provechoso es el de investigar si existen realmente colores y dibujos que no tengan ninguna significación funcional para la vida del animal. Esto conduciría a la aclaración del significado real de los esquemas de colores no funcionales. También en este caso es posible que el mar nos suministre mejores ejemplos que la tierra. Aunque los biólogos han reconocido desde hace tiempo que existen tipos de coloración a los que no podemos atribuir ninguna significación funcional en el presente estado de nuestro conocimiento, la atención se ha enfocado hasta ahora principalmente sobre los tipos con los que era posible ligar alguna función.

Los animales marinos presentan tipos de coloración explicables, en todo o en parte, y también otros tipos que todavía no admiten explicación posible. Las ilustraciones de este artículo nos ofrecen ejemplos de ambos casos. Los erizos de mar de la plancha II y los caracoles marinos de la plancha III nos muestran ejemplos de coloración relacionada con la temperatura del mar en un caso y con la clase de alimentación en el otro; aunque en el primer caso no sabemos cómo influye la temperatura sobre el color, y en el segundo existen probablemente más variaciones de las que pueden ser explicadas satisfactoriamente por la variedad de alimentos. Los erizos de mar de la ilustración desarrollan sus brillantes colores en la parte meridional (de temperatura cálida) de su dominio geográfico. En la parte norte de la costa del oeste de Africa del Sur, donde el agua es más fresca, domina la variedad pálida, y los colores escarlata y violeta están ausentes o son muy escasos. En la parte norte de la costa del este, donde el agua tiene una temperatura subtropical, los colores brillantes son escasos también, y los ejemplares presentan matices rojizos y verduzcos de tonalidad oscura. En el caso de los caracoles marinos, H. B. Moore ha demostrado que los pigmentos que producen los colores rosa y lila, castaño y negro, se derivan de los mejillones ingeridos por los caracoles, y



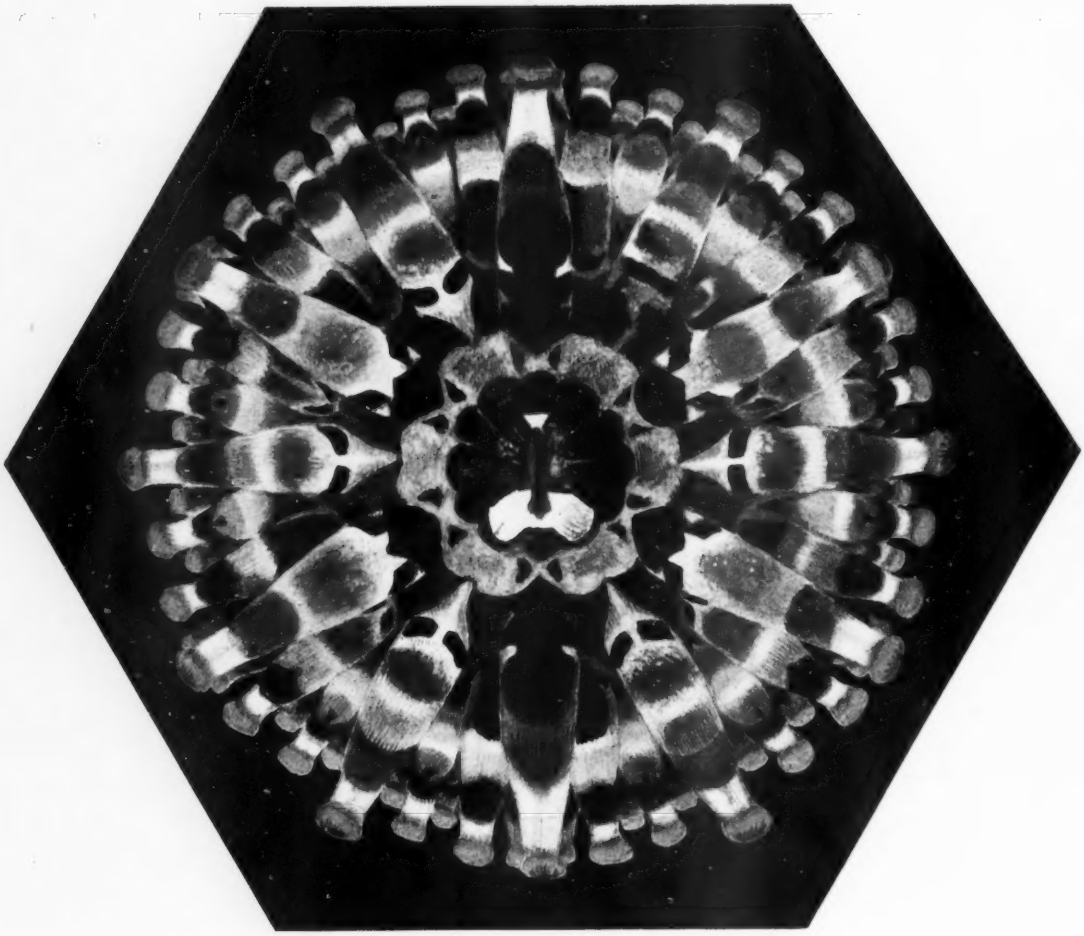
PLANCHA I – *Representación, en escala ampliada, de la estructura de los diseños desarrollados en el disco y en los tentáculos de once especies de anémonas de mar. Con excepción de la figura central, que abarca todo el disco y las bases de los tentáculos de una especie de* Edwardsia *(con una línea negra marcando el eje directivo), todas las demás figuras representan solamente un sector del disco, que se extiende desde la boca de la anémona hacia fuera, con los tentáculos correspondientes. Los diversos sectores están arreglados de manera que faciliten la comparación entre los diferentes diseños.*

(*Tomado del libro de T. A. Stephenson:* The British Sea Anemones, *con autorización de la Ray Society*)



PLANCHA II – *Un grupo de erizos de mar* (Parechinus Angulosus), *en la lagunilla de una roca en la False Bay (Africa del Sur). El color purpúreo de la roca se debe a una incrustación de algas calcáreas. Los pequeños objetos pentagonales de la parte inferior del cuadro son ejemplares de estrellas de mar* (Asterina exigua), *que muestran también cambios de color en relación con la temperatura del agua, en los diferentes lugares de la costa.* (*Véanse la página* 152.)

PLANCHA III – *Una serie de conchas de caracoles de mar británicos,* Nucella (Purpura) lapillus, *mostrando algunas de las variaciones de color que tienen lugar en esta especie.* (*Véanse las páginas* 153 *y* 158.)



PLANCHA IV – *El disco y los tentáculos de una anémona de mar encontrada en los intersticios de los ramajes de coral de la Gran Barrera de Arrecifes de Australia (cerca del doble de su tamaño natural). Algunos de los aspectos del diseño desarrollado por esta especie aparecen más detallados en la figura 2. El dibujo corresponde con precisión matemática a los ejes estructurales del animal, y la coloración a lo largo del eje directivo (vertical en la figura y explicado en el texto) difiere de la de los otros radios en que hay marcas blancas opacas en los extremos opuestos de la boca y un color mucho más oscuro en los dos tentáculos primarios establecidos sobre este eje que en los otros. Este cambio de diseño a lo largo de un eje, unido a la imperfección del dibujo en un sector (a la derecha del tentáculo directivo superior, marcado con la letra* H *en la figura 2) produce un efecto desconcertante en la apariencia general del animal vivo, distrayendo la mirada en cierto modo del cuadro perfectamente regular del resto del diseño.*

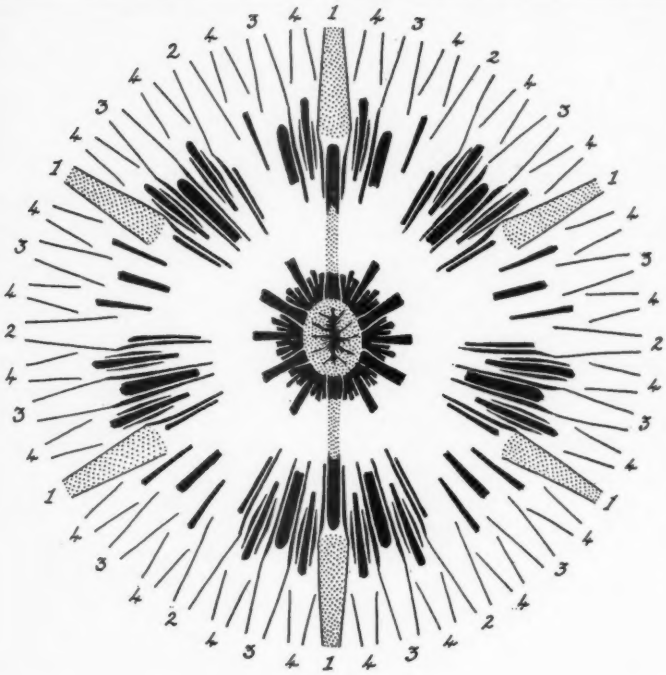
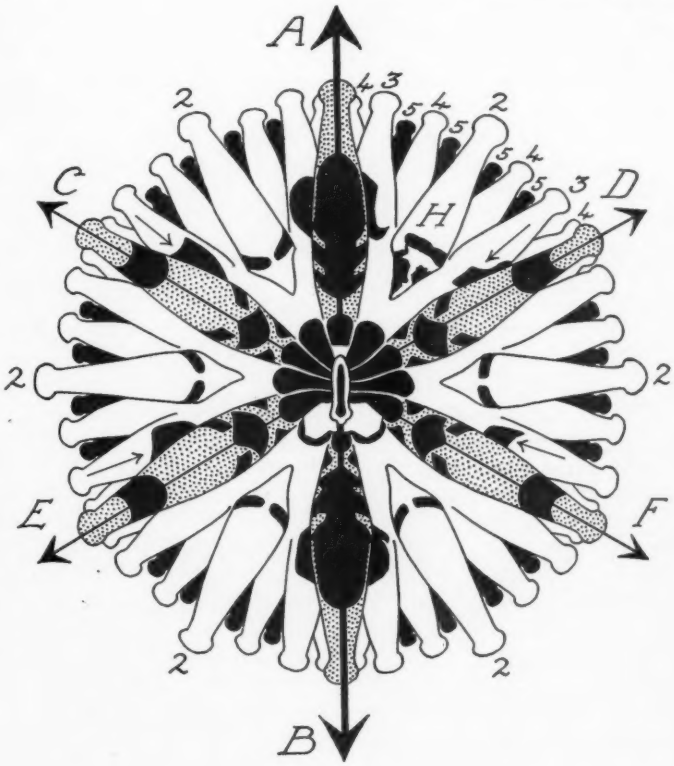


FIGURA 1 – *Diagrama que nos muestra la ordenación bilateral del diseño del disco de un ejemplar de anémona de mar* Calliactis parasitica. *Las marcas radiales que, en el animal vivo, son de un crema opaco sobre un fondo translúcido, aparecen representadas aquí en negro sobre un fondo blanco. Los seis tentáculos primarios aparecen punteados, así como el radio directivo y la boca. Sólo se incluyen los cuatro anillos internos de los tentáculos, indicándose con un número el círculo al que cada uno de ellos pertenece. Nótese que los seis grupos de marcas pálidas no están centrados en relación con los seis tentáculos primarios; por el contrario, mientras dos de ellos (uno más grande que el otro) están centrados con respecto a los tentáculos directivos, los otros cuatro están centrados en relación con los tentáculos de la tercera serie y están simétricamente colocados con respecto al eje directivo. Las marcas pálidas individuales más señaladas no forman un grupo de seis sino de siete y están trazadas sobre seis radios terciarios, simétricamente colocados, con la adición del radio directivo superior.*

(*Tomado del libro de T. A. Stephenson:* The British Sea Anemones, *con autorización de la Ray Society*)

FIGURA 2 – *Diagrama que detalla algunos de los aspectos del diseño del disco y los tentáculos de la anémona de mar representada en la plancha IV.* AB = *eje directivo;* C, D, E, F = *ejes primarios no directivos. Los tentáculos primarios y los radios aparecen punteados.* 2 = *tentáculos secundarios;* 3–5 = *tentáculos de anillos exteriores, numerados en un sector solamente.* H = *un tentáculo en cuya base el diseño no aparece normalmente desenvuelto. Las cuatro pequeñas flechas dirigidas hacia dentro indican trozos de color oscuro, que aparecen simétricamente colocados en relación con el eje directivo, pero que no guardan relación simétrica con los radios primarios. Otros manchones similares flanquean los tentáculos directivos. Los pequeños tentáculos del anillo más externo (el quinto) no se producen alrededor de toda la periferia (si así ocurriese, serían* 48, *en vez de ser como son* 24), *sino que sólo se dan en una parte de cada sector centrado sobre un tentáculo secundario. Sólo hay una excepción a esta regla en un sector con dos tentáculos adicionales, que no aparecen en la ilustración. Pueden hallarse más explicaciones en el texto y en la plancha IV.*



que estos tipos están en estrecha correlación con la abundancia y la proporción de los mejillones que entran en su dieta. La coloración amarilla de otros individuos se ha visto que no tiene conexión con la dieta, pero se sospecha que tenga una correlación indirecta con el grado de la acción de las olas a que los animales están sometidos.

Las otras dos ilustraciones nos presentan casos de tipos inexplicables, que describiremos en detalle más adelante. Merece ser mencionado un caso que no aparece ilustrado aquí y que ha sido estudiado por Fox y Pantin. Se trata de la anémona de mar *Metridium dianthus*, de tipo grande, que unas veces es totalmente blanca; otras totalmente anaranjada, y otras de color castaño y otros colores. Como resultado de su estudio, los citados autores admiten la posibilidad de que los colores de la *Metridium* carezcan de significación funcional, y de que « acaso los vívidos colores de las anémonas signifiquen la liberación de ciertas restricciones del medio, más bien que una manera de adaptación funcional ». Es ésta una atrevida hipótesis, puesto que suele admitirse que toda coloración tiene relación directa o indirecta con alguna función fisiológica o ecológica. Aunque esto sea prejuzgar la cuestión en un sentido, también es un prejuicio suponer que pueda haber en la coloración algo que no sea explicable en términos funcionales. Es posible que una ulterior investigación de los tipos que parecen no funcionales, o que no pueden ser explicados hasta el presente, conduzca, si se la orienta certeramente, a un esclarecimiento más acabado del problema.

La coloración de las anémonas de mar, a que nos hemos referido antes, ofrece un fértil campo de estudio, porque estos animales abundan; se les puede conservar vivos fácilmente, para fines experimentales, y presentan una complejidad de dibujos cuya significación pocos conocen y nadie comprende perfectamente. Algunas anémonas están coloreadas de un modo muy simple: el cuerpo y los tentáculos del mismo color, o el cuerpo de un color y los tentáculos de otro, sin marcas especiales. Otras presentan un dibujo de mosaico, con variedad de formas y colores tan complicada como el diseño de un tapiz persa. Mostramos ejemplos de estos dibujos en las planchas I y IV que ofrecen aspectos muy notables. La anémona tiene un cuerpo cilíndrico cubierto por un disco circular, en cuyo centro está la boca. La parte periférica del disco sustenta tentáculos radiales. El propio disco presenta líneas radiales, que constituyen la única parte visible externamente de los órganos internos llamados mesenterios. Estos signos: un centro, líneas radiales y un círculo, constituyen la base del diseño. En estrecha relación con ella, aparecen colocadas las marcas de varias formas con exactitud matemática. El diseño no está determinado solamente por estos detalles visibles, sino que está relacionado también con radios y círculos concéntricos invisibles, paralelos a los que se ven. Cada especie de anémona tiene un diseño particular que la caracteriza, pero este diseño es simplemente un tema sobre el que pueden desarrollarse muchas variaciones. Así como un solo dibujo puede ser estampado en telas de distintos colores, así también el diseño de la anémona puede cambiar de color. Algunos aspectos pueden ser remarcados y otros levemente indicados. Algunos rasgos pueden desaparecer por completo. La forma de cada elemento del diseño puede cambiar; todo el conjunto puede estar salpicado de motas irregulares, o modificado mediante la estampación en áreas más extensas de los diversos tintes al través de las diferentes partes del diseño. Todas estas variaciones son adoptadas por las anémonas de una misma especie, que emplean siempre el mismo tema básico. A veces un individuo desecha todo el diseño y aparece coloreado en uno o varios matices uniformes. Naturalmente, estas variaciones producen efectos diferentes; unos claros y rutilantes, otros más velados con tendencia a fundirse en el medio. La situación se complica con el hecho de que los individuos definidos (v.g. el blanco radiante y el anaranjado) y los más anodinos (v.g. un intrincado mosaico de matices castaños), pertenecientes a la misma especie, aparecen bajo circunstancias idénticas en la misma laguna, presentándose a veces junto a los tipos blanco puro y rosáceo brillante, también de la misma especie.

¿ Tiene esta coloración alguna influencia en la vida de la anémona ? Esta cuestión no puede ser resuelta con acierto mientras no se hagan sobre el campo más observaciones y experimentos de los verificados hasta ahora. Tenemos ya, sin embargo, indicaciones de que la explicación funcional no es enteramente satisfactoria porque, aun en los casos en que puede aclarar parcialmente el problema, deja una parte sin esclarecer. Ya hemos mencionado la coexistencia en la misma laguna de individuos con tipos de coloración « delatora » y con tipos de coloración « protectora », y no hay que olvidar que a lo menos algunos de los animales que comen anémonas

poseen facultades de visión tan limitadas que no son capaces de divisar los diseños que vemos nosotros. Algunas anémonas imitan su medio (v.g. se parecen a la grava), como lo hacen muchos animales de tierra. Este efecto se consigue fácilmente mediante un diseño completamente irregular, no matemático, sin ninguna relación con las marcas estructurales del animal. Pero, si se trata de simular la grava, ¿ por qué hay tantos diseños que exhiben una complejidad tan marcadamente matemática cuando este objetivo se lograría mucho más fácilmente sin un diseño tan complicado ? Por otra parte, en el grupo de las anémonas, considerado en su conjunto, hay demasiados diseños de esta clase. Es probable que varios centenares de especies de anémonas presenten diseños complejos y que no haya entre ellos dos idénticos, siendo algunos de extraordinaria brillantez. Probablemente la mayoría de estos diseños sirven para camuflar a sus poseedores, pero ¿ por qué se hace esto con tanta diversidad de sistemas matemáticos ?

Es poco satisfactoria la explicación de que, al crecer la anémona, surgen automáticamente los diseños de la periódica deposición de los pigmentos en diversos puntos de los tejidos. Este crecimiento ordenado, abandonado a sí mismo, debería producir en los individuos de una misma especie resultados de una cierta uniformidad respecto a los colores fundamentales, como ocurre con los detalles de la estructura anatómica. Pero no es esto lo que sucede. Aunque un análisis genético aclararía el problema desde algunos puntos de vista, es probable que revelase el mecanismo en sí, más bien que las razones que lo determinan. Es una opinión corriente la de que, si una variante de una especie existe en una proporción considerable de sus individuos, debe ser necesariamente benéfica, al menos en una gran mayoría de casos. Este aserto ha sido apoyado por buenas razones en el libro *Butterflies* (Mariposas) (1945), de E. B. Ford. Tales razones son sugestivas y convincentes, y este artículo no se propone, en modo alguno, contradecirlas. Sin embargo, uno tiene la intuición de que, así como nuestro modo de interpretar la acción recíproca entre la variación y la selección natural es ahora muy diferente del que prevalecía en 1900, los próximos cincuenta años pueden revelar nuevas influencias, todavía insospechadas o mal conocidas, que conduzcan a la modificación de la teoría actual, en el sentido de mostrar que las variaciones que hoy parecen neutrales en lo que respecta al valor funcional desempeñen un papel más importante de lo que suponemos.

Una cosa aparece clara respecto a estos diseños, y es que se relacionan con ciertos ejes estructurales del animal en forma mucho más fundamental e inexplicable de lo que generalmente se reconoce. Los avances más interesantes podrían obtenerse en dicha dirección. La mayor parte de las anémonas, cuando se las mira desde encima de la corona tentacular (como en la plancha IV, y en las figuras 1 y 2) aparecen radiadas simétricamente, y aunque los radios se dan en varios números, son en la mayor parte de los casos múltiples de seis; de modo que hay seis radios principales, sobre los que descansan los seis tentáculos más grandes o primarios. Alternando con ellos, hay seis radios y tentáculos secundarios, doce terciarios y así sucesivamente, teniendo cada especie su ordenación característica. Hay, sin embargo, en casi todas las anémonas un eje especial llamado el eje directivo, que cruza toda la corona tentacular, pasando al través de la hendidura de la boca y a lo largo de dos de los tentáculos primarios, y dividiendo al animal en dos partes iguales. Nadie conoce el significado de este eje directivo, pero se ha probado que tiene una importancia fundamental en el desenvolvimiento, crecimiento y regeneración, y que cada estructura interior y externa de la anémona se relaciona con él. Resulta de todo esto que la simetría representa una intrincada fusión de un diseño radial, relacionado con los tentáculos y los mesenterios, y un diseño bilateral relacionado con el eje directivo. La coloración del disco y los tentáculos, como todo lo demás, obedece a este principio; y aunque no es posible en este breve artículo describir al detalle los modelos presentados en las planchas I y IV y en las figuras 1 y 2, un estudio detenido de estas figuras confirmará lo que acabamos de decir. El ejemplar presentado en la figura 1 (*Calliactis*) es particularmente notable, porque se trata de una anémona que, en la disposición de sus tentáculos y mesenterios, presenta sus seis radios con la regularidad de cualquier anémona conocida; pero el diseño de color crema salpicado sobre su disco tiene escasa relación con la base de seis radios y, no sólo posee en parte combinaciones propias de siete rayos, sino que se conecta de un modo muy preciso con el eje directivo. Son estas complejidades matemáticas las que uno siente que no pueden tener el significado funcional del tipo superficial que hoy conocemos, y las que ofrecen, por tanto, un campo especialmente fértil para los estudios ulteriores.

El mejoramiento de las praderas y dehesas británicas

T. G. B. OSBORN

La conservación adecuada de los pastos depende en último término de la habilidad y cuidado con que el agricultor dirige sus tierras, pero el criador de plantas se encuentra en situación de prestar señalados servicios creando nuevos tipos de herbajes. Biológicamente se trata de un problema que encaja esencialmente dentro de la Ecología. Este importante hecho fué primeramente reconocido y aplicado por Sir George Stapledon y sus colegas, a los que se debe en gran parte el progreso moderno en la utilización de las praderas.

Los campos verdes y las colinas herbáceas constituyen de tal modo un aspecto tan característico del paisaje británico que muchos parece echan en olvido que las praderas se deben en gran parte a la mano del hombre. Existen porque el hombre aprendió a mantener un conjunto de plantas herbáceas capaces de sobrevivir y prosperar a pesar de los vaivenes del pastoreo y recolecciones. Los pastos no son un agregado natural de plantas y hierbas en equilibrio, de acuerdo con los factores climatológicos y las condiciones del suelo: son una asociación de tales plantas junto con los animales que sobre ellas pacen y de ellas se nutren.

El monte y el bosque son la vegetación natural de las Islas Británicas bajo 250 a 300 metros y posiblemente aún a mayores alturas. Por centenares de años, y en el caso de los Downs (las tierras altas cretáceas del Sur de Inglaterra) desde los tiempos prehistóricos, los moradores de estas Islas han cortado y destruído las arboledas con objeto de ensanchar los terrenos para el cultivo de prados o de cosechas.

Cuán pronto y completamente una pradera puede convertirse de nuevo en bosque, aún en tierras de labor por largo tiempo cultivadas, se puede ver en el clásico Broad Balk « Wilderness » de Rothamsted. En el año 1882 Sir John Lawes ordenó que una faja de terreno en pleno cultivo, extendiéndose a todo lo largo de la parcela de experimentación para cosecha de trigo, se la dejase sin segar para ver lo que ocurría. Transcurridos cuatro años el trigo había sido desalojado por completo por las plantas invasoras; hoy en día la parcela es un robledal con los consiguientes arbustos y matorrales.

El progreso moderno en la utilización de los prados en la Gran Bretaña es debido en gran parte a Sir George Stapledon y a sus colegas. Insistió él siempre en que el problema era primariamente de orden ecológico. Los progresos en el estudio experimental de las plantas, que conducen como de la mano a la creación de tipos especiales de herbajes y de tréboles, han proporcionado al cultivador moderno de praderas una mucha mayor cantidad de material herbáceo adecuado, mediante el cual puede reconstruir su césped, de que no pudieron disponer sus predecesores veinte años atrás. A la postre, no obstante, es únicamente gracias a la comprensión de la ecología de las especies del césped que ellas forman, que el agregado artificial puede ser conservado.

Los pastos de la Gran Bretaña pueden agruparse en tres categorías: pastos irregulares, dehesas permanentes y tierras con herbajes transitorios. Estas últimas son conocidas con el nombre de prados. Los pastos irregulares los hallamos en las grandes altitudes. Muchos de ellos son importantes terrenos para el pastoreo de los ganados lanar y vacuno y su debida utilización representa un papel muy preponderante en la economía nacional. En Inglaterra y en el País de Gales ocupan una extensión de 2 millones de hectáreas, aproximadamente una sexta parte del área agrícola total de ambos países. Más de 4 millones de hectáreas en Escocia han sido clasificadas como « tierras montañosas y de matorral para el pastoreo ». Sin duda alguna es posible un gran mejoramiento de los pastos y en consecuencia una mejora en la capacidad de producción de muchas dehesas en colina. En el año 1933 el Proyecto de Mejora de Cahn Hill asociado con la Estación de Cultivo de Plantas del País de Gales contribuyeron con un valioso trabajo inicial en dicha dirección.

Las praderas permanentes incluyen campos que o bien son forrajeros o de entrojado de alfalfa, o ambas cosas a la vez. En 1939 cubrían

FIGURA 1 – *Razas de Aberystwyth de trébol blanco salvaje,* Trifolium repens, *S*100 (*izquierda*) *y S*188 (*derecha*). *Es evidente la frondosidad, crecimiento erecto y tardía florescencia de la raza S*188. (*Reproducción con permiso del Director del* National Institute of Agricultural Botany *de Cambridge*)

FIGURA 2 – *Dos razas de alfalfa,* Phleum pratense. *El de la izquierda es un tipo comercial forrajero de alfalfa de tallos altos y de escasa fronda. El de la derecha es un tipo forrajero mejorado de alfalfa con un aumento considerable de hojas y con ello un peso mayor de forraje nitrogenado.* (*Reproducido con permiso del Director del* National Institute of Agricultural Botany *de Cambridge*)

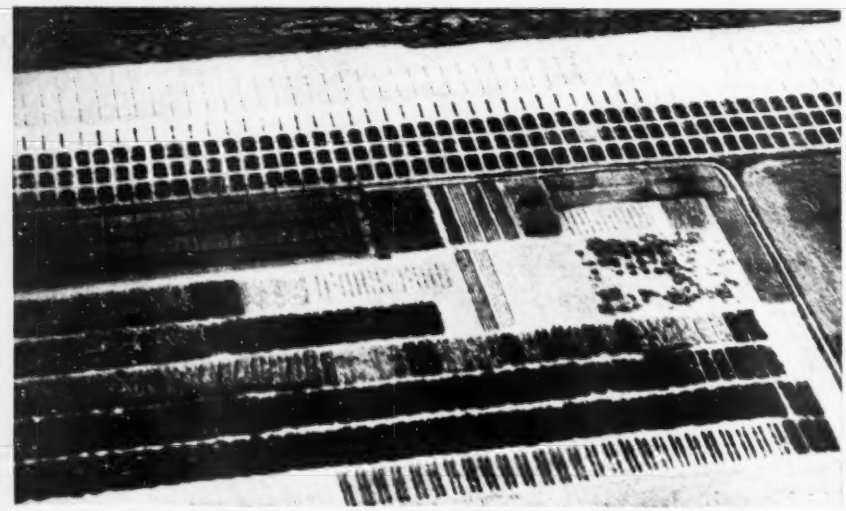


FIGURA 3 – *Fotografía aérea de las parcelas de experimentación de herbajes y de trébol del* National Institute of Agricultural Botany *de Cambridge.*

(*Reproducido con permiso del Director del* National Institute of Agricultural Botany *de Cambridge*)

FIGURA 4*a* – *Vegetación natural inculta de las colinas del País de Gales, poniendo de manifiesto el crecimiento de helechos* (Pteridium aquilinum), *aulagas* (Ulex nana) *y otras plantas ordinarias sin valor nutritivo.* (*Proyecto de Mejoramiento de Cahn Hill.*)

FIGURA 4*b* – *Campo colindante después de labranza y tratamiento con fertilizantes, presentando herbajes de pastura con trébol blanco silvestre.* (*Proyecto de Mejoramiento de Cahn Hill.*)

una extensión de más de 7 millones de hectáreas en Inglaterra y Gales y aun cuando esta superficie ha sido enormemente reducida como resultado del plan de someter más terrenos al arado, ocupa todavía la mitad del área agrícola de los dos países. Las praderas permanentes contienen grupos mezclados de diferentes herbajes, tréboles y otras plantas y su valor varía considerablemente. Todas tienen de común un rasgo ecológico: se encuentran en una situación de equilibrio inestable. El hombre controla la incidencia de los factores biológicos mediante una dirección sistematizada, lo cual es un arte más antiguo que el reconocimiento de los principios científicos sobre los que está basado.

En la composición del césped pueden llevarse a cabo cambios revolucionarios con la aplicación de varias combinaciones de abonos. Es bien conocida la acción del nitrógeno, estimulando el crecimiento herbáceo con una consiguiente reducción de la cantidad de trébol. Si bien en este caso del trébol este efecto puede ser originado gracias a la competencia por la luz como lo puso de manifiesto Blackman [1].

La mayor parte de las praderas permanentes en la Gran Bretaña se han formado en el transcurso de los años por una selección inconsciente de las especies de aquellas plantas indígenas que rellenan particulares huecos en su composición. La habilidad de cultivar y reproducirse en condiciones de desfolio y pisoteo es condición esencial para la supervivencia de las plantas que las componen. El hombre que determina y forma los agregados de plantas no puede controlar sino la época del año, frecuencia y por cuánto tiempo los herbajes pueden ser dedicados al pastoreo, y el grado de destrucción que de tal proceso se deriva. Una dirección inexperta, un exceso por carta de más o de menos en el pastoreo estimula el crecimiento de las malas hierbas y de los cardos [6]. Las mejores praderas permanentes de Inglaterra, como las del Condado de Leicester y la campiña de Kent contienen un conjunto de plantas reunidas en el curso de los tiempos por efecto de este factor biológico. Debemos a Sinclair ya en el año 1824 la idea de la conveniencia del empleo de semillas para el cultivo de los pastos, provenientes de los prados antiguos. Y no fué sino cien años más tarde cuando Stapledon formó sus colecciones de esparcetas y Jenkin las suyas de ballicos y otras especies de los antiguos prados que sirvieron de base y tuvieron un papel tan importante en el cultivo de los Tipos de Aberystwyth.

Los pastos transitorios son campos de pradería de corta o larga duración, formados de una sola especie de hierbas o de tréboles o de la simple mezcla de ambos, cultivados durante una temporada para luego tras una labor de arado dejarlos preparados para un ciclo de cosechas. El mejor empleo moderno, que en algunos aspectos nos recuerda el método de los cultivos alternantes, podrá dar a una pradera una duración de cuatro, seis u ocho años antes de ser arada de nuevo. El gran problema en la formación de tal pradera está en la selección de una asociación de tréboles y hierbas que pueda producir dentro de una o dos estaciones un césped que resista el pastoreo y la siega o ambas cosas, y ello con tanta seguridad como una pradera que durante largo tiempo ha recibido una dirección cuidadosa. Pero, ¿qué especies deben cultivarse, de dónde hay que tomar las semillas y en qué proporción deben mezclarse con el objeto de que, durante las distintas etapas de la germinación y consiguiente lucha de las plantas maduras, el césped se halle en condiciones de subsistir como cubierta del suelo, siempre creciente y susceptible a la siega o al pastoreo [2, 7]?

Los problemas que salen al paso en la producción de semillas de hierbas para pastos son muy diferentes de los que afectan las semillas de cereales como el trigo. Los cereales son normalmente auto-fertilizados; una vez constituída la variedad híbrida deseada, su multiplicación es asunto relativamente sencillo toda vez que el peligro de contaminación por el polen procedente de otras variedades es insignificante. Por otra parte muchos de los prados permanentes, lo mismo que los tan importantes de tréboles blanco y rojo, son normalmente de polinización cruzada. Existe ciertamente entre estas plantas la auto-esterilidad en un grado muy elevado y de ello se deriva la considerable variabilidad que en toda agrupación natural ocurre como consecuencia del intercambio genético. Los indivíduos en tales agrupaciones pueden diferenciarse entre ellos en una gran variedad de aspectos. Algunas de estas diferencias estriban en características fisiológicas como la precocidad o lo tardío del crecimiento del vegetal, época de la florescencia, etc. Esta minuciosa variabilidad se halla influenciada por el medio ambiente en una agrupación de muchas especies de interfecundación libre.

Turesson [8] en 1922 fué el primero en publicar un resumen de sus observaciones y experimentos en algunas especies de plantas ordinarias que se presentaban en estado silvestre en distintas regiones

y localidades de Suecia, y ello, como resultado le llevó de la mano a formular su concepto del eco-tipo, definiéndolo como una « unidad ecológica para denominar el producto que aparece como resultado de la respuesta genotípica . . . en una región determinada ». La concepción del ecotipo ha estimulado los trabajos ecológico y genético en un campo vastísimo del que se han derivado conclusiones tan importantes como las relativas a la naturaleza de las especies [4, 9]. La importancia práctica de la concepción del ecotipo en el laboreo de los pastos ha sido enorme. Examinando los problemas de la siega de los prados a la luz de aquel concepto, nos vemos tentados de pensar que, idealmente, los diferentes tipos de herbajes y de tréboles requeridos en distritos y comarcas particulares deben ser desarrollados localmente.

Stapledon menciona que en 1918, haciendo un recorrido de las praderas inglesas, comisionado por el Ministerio de Agricultura, le llamó su atención la gran variedad de aspecto entre las plantas de esparceta, *Dactylis glomerata* [10]. De vuelta a Aberystwyth y utilizando las facilidades de la Estación para el Cultivo de Plantas del País de Gales, fundada por Lord Milford en el año 1919, empezó con sus colegas un concienzudo estudio de los herbajes y tréboles de importancia agronómica. Stapledon concentró su atención en la esparceta y fueron recogidos más de trescientos ejemplares en la Gran Bretaña. Se obtuvieron semillas de Europa, Estados Unidos y Nueva Zelanda y en conjunto se sometieron al estudio crítico más de once mil ejemplares de plantas. Algunas, a consecuencia de tener sus brotes erectos y foliáceos confundidos con los tallos en flor, fueron consideradas como inmejorables para forrajes; otras por su tendencia a extenderse y emitir retoños se las consideró más aptas para el pastoreo.

El trabajo en otras especies — principalmente en el ballico, *Lolium perenne* — ha sido dirigido por el Doctor Jenkin. Los experimentos de cría controlada pusieron de manifiesto la posibilidad de obtener razas auto-polinizadoras, pero en la mayoría de los casos los resultados no fueron ventajosos. Se tomó por esto la decisión de formar razas capaces de cruzamiento. Una raza no es un tipo homogéneo de auto-polinización; se trata de una mezcla de tipos de polinización cruzada que presentan una combinación de características adecuadas a la finalidad para la cual se los ha destinado [5]. Y así el S23 (todas las razas de Aberystwyth se las representan por números precedidos de una S) es un cultivo denso, frondoso y de florescencia tardía de un tipo de ballico persistente en buenos suelos de pastoreo. Procede de plantas obtenidas de antiguos pastos del Midlands, Kent, Condado de Lincoln y aun de Holanda. El S24, por otra parte está basado primariamente en dos variedades de ballico encontradas en estado silvestre pero no en terrenos de pastura; se le incorporaron plantas con sus retoños procedentes de Nueva Zelanda y el resultado ha sido una raza de forraje frondoso y de temprana florescencia. Una raza es tanto el producto del arte del cultivador como de sus conocimientos científicos.

Habiendo obtenido una raza deseada, la producción de semilla en cantidad suficiente para el mercado exige una constante supervisión científica [3]. Es desde luego esencial para las plantas en vía de crecimiento un aislamiento completo de las otras parcelas donde haya diferentes razas de la misma especie. Razas de las tres principales especies de utilidad agronómica — esparceta, ballico y alfalfa — para pastos y forraje han sido cultivadas en Aberystwyth y en la Estación escocesa en Corstorphine. Juntamente con estas y las razas apropiadas de trébol blanco y rojo [11], la producción de campos de pastura para específicas finalidades y particulares épocas del año se podrá emprender con seguridades de éxito insospechadas diez años atrás.

BIBLIOGRAFIA

[1] BLACKMAN, G. E., y TEMPLEMAN, W. G. *Ann. Bot.*, 1938, **2** (nueva serie), 257 y 765.

[2] DAVIES, W. *Impl. Bur. Pastures and Forage Crops Bull.*, 1945, **34**, 1.

[3] EVANS, G. *Impl. Bur. Plant Genetics Bull.*, 1937, **22**.

[4] GREGOR, J. W. *Biol. Rev.*, 1944, **19**, 20.

[5] JENKIN, T. J. Report of the Fourth International Grassland Conference, 1937, 52.

[6] JONES, M. *Ibid.*, 470.

[7] THOMAS, M. T. *Impl. Bur. Pastures and Forage Crops Bull.*, 1945, **34**, 22.

[8] TURESSON, G. *Hereditas*, Lund., 1922, **3**, 100 y 211.

[9] TURRILL, W. B. *New Phyt.*, 1946, **45**, 34.

[10] STAPLEDON, G. R. *Journ. Ecol.*, 1928, **16**, 17.

[11] WILLIAMS, W. *Welsh Plant Breeding Station Bull.*, Ser. H., 1945, **16**.

Evolución de la lucha contra la langosta

O. B. LEAN

Desde los tiempos prehistóricos las plagas de la langosta han sido temidas como heraldos de hambre y penalidades. Durante siglos, la única defensa posible ha sido la destrucción de tal peste en los puntos de concentración de los ataques — tarea superior a las posibilidades de las comunidades pequeñas y aisladas. El conocimiento que hoy día tenemos de la procreación y hábitos migratorios de la langosta, permiten localizar el foco de nuevos o posibles ataques y emplear métodos químicos para extirparla antes de causar daño.

Los fundamentos del control moderno de la langosta se iniciaron en 1921, cuando Uvarov estableció la hipótesis de su teoría fundamental de las fases. Antes de esta fecha se habían llevado a cabo intensivas campañas contra la langosta en los países más avanzados y propensos a los ataques periódicos; pero sólo desde 1921, y más particularmente desde 1938, tales campañas han sido planeadas inteligentemente y con el fin de prevenir las invasiones de la langosta en los ricos terrenos agrícolas, más bien que una defensa de última hora de las cosechas.

En un artículo previo de ENDEAVOUR, Imms[1] describió la bionomía de la « langosta ». Este último término no tiene una precisión sistemática pero se aplica a los saltamontes de antenas cortas que pueden desarrollar hábitos gregarios y migratorios. Existen unas ocho variedades de langosta, con distintas sub-especies y razas geográficas que invaden más de ochenta países de Europa, Asia, Africa, las Américas y Australasia. Aunque varían mucho en sus hábitos y ecología, la teoría de las fases puede ser aplicada a todas ellas.

Las especies de langosta son extremadamente variables en sus caracteres morfológicos y comportamiento, y sus formas extremas pueden ser tan diferentes que se ha llegado a considerarlas como especies distintas. Estas formas se denominan fases. En un extremo, los individuos de la *fase solitaria* se comportan como saltamontes solitarios, mostrando una reacción casi nula a la presencia de sus semejantes. En el otro extremo, los individuos de la *fase gregaria*, la verdadera langosta, poseen hábitos gregarios y migratorios altamente desarrollados que conducen a los animales jóvenes a viajar en bandadas y a los adultos a emigrar largas distancias en densos enjambres. La fase según la cual una comunidad de langosta existe, depende de la densidad de población. Así, un número considerable de saltamontes *solitarios*, desarrollándose en un espacio restringido, puede convertirse en verdaderas langostas y, recíprocamente, nubes de verdaderas langostas desarrollándose en espacios ilimitados pueden revertir a saltamontes.

MEDIDAS PREVENTIVAS

La sucesión de los acontecimientos que inician una plaga de langosta son menos obscuros que los detalles de las relaciones ecológicas que causan la transición de las fases. Las fases solitarias de varias especies de langostas están extensamente distribuídas, pero es sólo en ciertas localidades limitadas, llamadas áreas de plaga, donde condiciones favorables pueden causar una concentración de población conducente a gregarismo y a la producción de la fase de enjambre.

La fase solitaria de la langosta migratoria africana, *Locusta migratoria migratorioides* (R. y F.), está distribuída en toda el Africa, Europa y Asia al sur de los 60° de latitud. Nubes de la misma invaden casi toda el Africa tropical. En 1929, pude yo presenciar nubes de langosta invadiendo Nigeria, y tan reducidos eran entonces nuestros conocimientos, que tal invasión vino sin aviso y su orígen no fué descubierto hasta que los movimientos de los enjambres de aquella plaga fueron analizados. Actualmente se sabe que la transición original de la *fase solitaria* a la *fase gregaria* tuvo lugar en 1928 dentro de un área de 18.000 Km.^{2}, entre los pantanos del río Niger y el Sudán Francés. Desde este foco único se diseminaron, de generación en generación, durante los nueve años siguientes, hasta llegar a cubrir 26 millones de Km.^{2} de Africa. En el Africa Occidental Inglesa, y Francesa, Africa Ecuatorial, Sudán, Eritrea, Africa Oriental Inglesa, Congo Belga y Rhodesia, se improvisaron costosas campañas para la destrucción de cada generación de saltamontes, pero a pesar de

[1] « Plagas de langosta y su prevención », ENDEAVOUR (1943), **II**, 56.

todos los esfuerzos la plaga duró hasta 1937 y las pérdidas de las cosechas fueron considerables.

La idea básica para el control de la Langosta Migratoria Africana apareció bien clara con el descubrimiento del área focal del Niger Medio, aunque éste no sea el único punto de peligro potencial.

La guerra interrumpió el establecimiento de una organización internacional tal como fué recomendada en la Quinta Conferencia Internacional de la Langosta, celebrada en Bruselas en 1938, dedicada al estudio del área focal, su mantenimiento bajo vigilancia, y eliminación de cualquier enjambre incipiente. Los franceses, sin embargo, actuando por cuenta propia, fundaron un servicio de prevención que ha mantenido una observación sobre la zona desde 1939.

El control de la Langosta Roja, *Nomadacris septemfasciata* (Serv.), ha dado un paso adelante. Durante el período 1930–8 entomólogos de diferentes nacionalidades, dispersos en el interior del Africa y occidente de Asia, actuaron en un plan concertado de exploraciones para el estudio bionómico de las especies de langosta, consiguiendo numerosos descubrimientos. Uno de los más importantes fué la demarcación de las áreas focales de la Langosta Roja en las orillas del lago Rukwa en Tanganyika y los pantanos de Mweru en las cercanías del Congo Belga y la Rhodesia del Norte. En 1941 se estableció un servicio de control anglo-belga.

La prevención permanente contra la Langosta del Desierto, *Schistocerca gregaria* (Forsk.), es ya un problema más complejo, que no ha sido aún atacado como es necesario. Esta langosta es la más común de todas y se la encuentra desde el Senegal y Marruecos en el Africa occidental hasta la India central, y desde Turquia a las repúblicas meridionales de la U.R.S.S., a través de la península Arábica hasta el territorio de Tanganyika. Son conocidas algunas de sus áreas focales y otras se presumen, y se sabe que las plagas pueden iniciarse en áreas muy distantes y de forma algo distinta al concepto original de la transición de las fases. Aunque la agregación preliminar puede ocurrir dentro de límites definidos, la formación de enjambres puede ser un proceso más gradual, al menos para esta especie, que requiere la emigración de la *solitaria* o formas intermedias desde una área de cría estacional hacia otra, generalmente entre las zonas de lluvias de invierno y verano. Areas tales como la costa de Mekran y ambas orillas del Mar Rojo meridional, en donde existen dos sistemas climáticos adyacentes, resultan muy peligrosas, pero el problema es aún más complicado debido a la lluvia irregular en la parte del desierto habitada por esta especie.

El establecimiento de un servicio de prevención internacional fué recomendado en la Conferencia de Bruselas, pero fué entorpecido por la iniciación de la guerra, y al mismo tiempo tuvo lugar una nueva plaga de esta langosta, que se inició en 1940 y todavía continúa, lo cual desvió la atención dedicada a la prevención, para prestarla a una acción más inmediata contra las plagas invasoras.

En el Nuevo Mundo hallamos también problemas parecidos. La langosta Sudamericana, *Schistocerca cancellata* (Serv.), es más conocida en la Argentina (que es el país que más sufre de todo el mundo de las plagas de langosta), Uruguay y Brasil; también ataca Bolivia, Paraguay y Chile. Las plagas en el Norte, Perú, Ecuador y Colombia, pueden relacionarse ya con la actividad meridional de esta especie o bien ser independientes.

Los conocimientos sobre la langosta Sudamericana son aún fragmentarios, especialmente debido a que los movimientos de los enjambres han sido estudiados sólo localmente. Sin embargo, la necesidad de una cooperación internacional es bien sentida y en la conferencia de Montevideo de Septiembre 1946 los representantes de nueve estados recomendaron la creación de una organización preventiva Pan-Americana.

Una cuestión distinta pero afín, es el control de la Langosta Marroquí, *Dociostaurus moroccanus* (Thnbg.), que es una especie mediterránea que se extiende desde España y Marruecos, a través del Sud de Europa y Anatolia, hasta la Transcaucasia, Irán, y Afganistán. Esta especie no emigra tan fácilmente como las otras especies mencionadas.

ESTRATEGIA ESTACIONAL

Cada año, durante una plaga, los enjambres migratorios y las crías siguen una secuencia parecida. Cuando las langostas emigran desde un país a otro y de uno a otro continente, son arrastradas por las olas climáticas. Las especies de langosta varían en sus hábitos y su reacción al clima y eco-clima, pero ninguna de ellas puede vivir o procrear en condiciones extremadamente húmedas o secas o en temperaturas extremas, y así las emigraciones ayudan a las especies a evitar estos medios adversos.

El Sudán Anglo-Egipcio y las tierras altas de

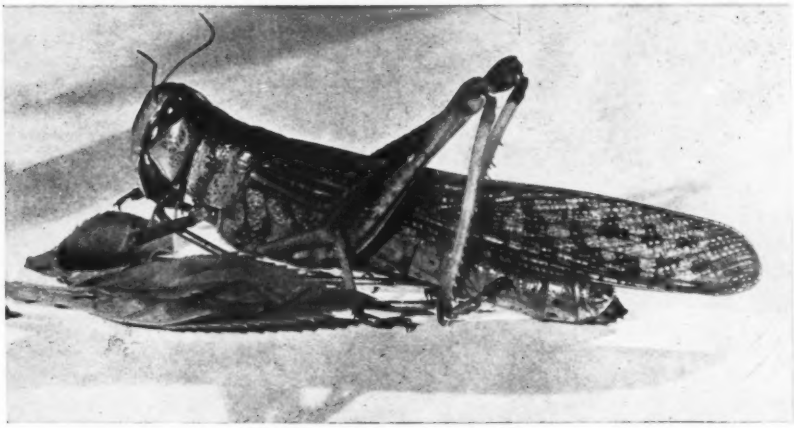


FIGURA 1 (*arriba*) – *Saltamontes de Langosta del Desierto*, Schistocerca gregaria. ($\times$ 1½)

(*Reproducción autorizada por el Centro de Investigación contra la Langosta, Museo Británico*)

FIGURA 2 (*arriba, a la derecha*) – *La Langosta Migratoria Africana*, Locusta migratoria migratorioides. ($\times$ 1½)

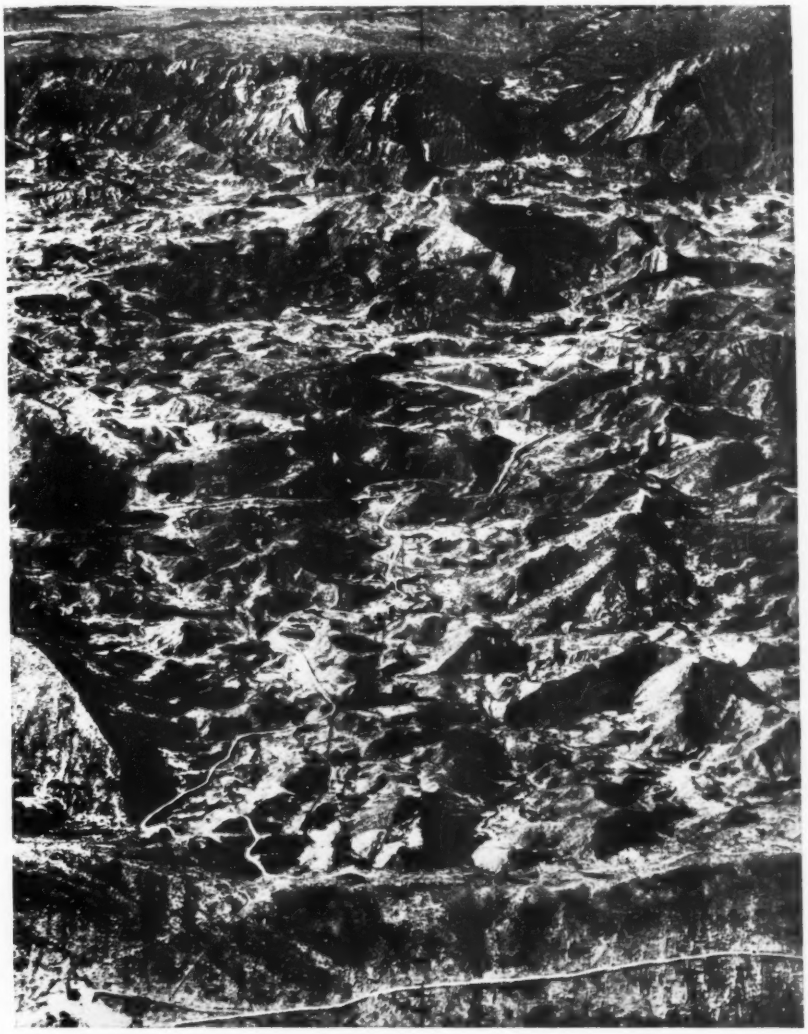


FIGURA 3 (*a la derecha*) – *Terreno montañoso al sud del Irán, típico de las zonas donde hay que llevar a cabo la lucha contra la langosta.*

FIGURA 4 – *Una masa de saltamontes jóvenes, Eritrea.*

FIGURA 5 – *Maiz devorado por saltamontes, Argentina.*

FIGURA 6 – *Lanza-llamas en acción, Eritrea.*

Eritrea poseen un clima tropical con un solo período de lluvias durante el verano; la Langosta del Desierto procrea en esta zona climática aproximadamente desde Junio a Octubre. Con la llegada de la época de sequía, enjambres de la siguiente generación se trasladan al Noreste, de la costa del Mar Rojo especialmente hacia Arabia, donde llueve en invierno. La Langosta del Desierto procrea también durante las lluvias del monzón en el Noroeste de la India, desde donde los enjambres jóvenes vuelan en dirección oeste hacia las regiones de lluvias invernales alrededor del golfo Pérsico. Algunas pueden procrear en el Sud de Irán, algunas a través del golfo en Arabia y algunas se desplazan hasta el Irak — un vuelo de unos 1.900 Km.

Los enjambres de Arabia criados durante el invierno y primavera emigran generalmente hacia el norte y oeste para ir a invadir el valle del Eúfrates, Siria, Palestina y el delta del Nilo. Los enjambres del Irán de la misma generación viajan en dirección norte hacia el centro del Irán y a veces hasta Rusia. En todas estas regiones la cría tiene lugar durante el final de la primavera y los enjambres de la generación siguiente regresan a las zonas de lluvias estivales, los enjambres del Irán a la India y los de Egipto-Siria-Irak vuelven al Sudán.

Arabia y el Sud del Irán son áreas de dispersión esenciales durante los movimientos estacionales y aunque no son zonas agrícolas vale la pena de atacar allí la langosta a fin de reducir los posibles daños en otras tierras más ricas.

Durante la guerra especialistas británicos, basando su estrategia sobre los conocimientos de este ciclo, recientemente adquiridos, aceptaron la responsabilidad principal para estas laboriosas campañas. Antes de la primera exploración del interior de Arabia en 1942, tales operaciones hubieran parecido impracticables, pero en 1944 se había establecido ya una extensa organización con destacamentos motorizados que cubrían prácticamente toda el área de procreación. En Arabia y Oriente medio las unidades contra la langosta estaban asistidas por grupos Egipcios y de la India, así como por trabajadores del Sudán y Palestina; en Irán, el grupo británico trabajaba conjuntamente con las misiones rusas, del Irán y de la India.

Los conocimientos sobre la langosta Sudamericana están relativamente atrasados, en comparación con los de las otras especies. No obstante, se sabe que los enjambres que invaden el Uruguay provienen de la Argentina y que en el Sur los voraces enjambres jóvenes atraviesan durante la primavera la frontera del oeste para invadir una faja agrícola. La mejor defensa del Uruguay quizá radique centenares de kilómetros más lejos, pero hasta que los orígenes de los enjambres sean bien conocidos deberían ser atacados inmediatamente después de cruzar la frontera.

Existe la idea popular equivocada y divulgada por la prensa, que los aviones son el medio más moderno de ataque contra la langosta. Los aviones han sido empleados desde hace ya muchos años, pero principalmente para acelerar las acciones que han de llevarse a cabo sobre el terreno. El verdadero empleo de los aviones, parece ser contra los enjambres volantes, contra los cuales no existe otro método.

No es suficiente destruir unos pocos enjambres, pero la pulverización del aire puede resultar económica cuando con ella se trate de evitar la invasión de un país y reducir de esta manera el valor de los daños posibles y de la lucha contra la plaga, especialmente si se logra limitar la dosis por medio de una técnica perfeccionada, tal como parece posible según las recientes investigaciones británicas.

Es un error concebir una campaña contra la langosta según un marco rígido. La preparación inicial requiere un plan; pero éste debe ser flexible, y sus unidades móviles. Las oficinas centrales de lucha, vigilando la marcha de la acción por medio de informes radiados por los destacamentos, deberá tomar decisiones de última hora para el despliegue de las fuerzas de acuerdo con la situación. En 1945–6 las nuevas crías en Arabia ocurrieron excepcionalmente hacia el norte, y gran parte de esta zona estaba fuera de alcance de los destacamentos organizados para combatir una invasión normal.

La presente reseña sobre el control moderno de la langosta sería incompleta si no mencionáramos el trabajo de pionero del Centro de Investigación contra la Langosta de Londres. Esta institución británica reconocida desde 1930 como el centro internacional de coordinación, consejo y predicción, ha sido la inspiradora de todos los progresos recientes y ha proporcionado datos para numerosos planes de operación. Este Centro predijo la invasión actual de langosta del desierto y avisó por vez primera en la historia a los países amenazados, para que organizaran sus defensas. En sus oficinas territoriales, ya sea en Bagdad, Nairobi, Teherán, Jedda, Damasco o Asmara, se pueden examinar los mapas de la

situación al día indicando los movimientos de las nubes de langosta, puesta de huevos, localización de saltamontes, y todo esto se sumariza a su vez en el Centro de Investigación contra la Langosta hasta obtener una visión de conjunto. Cada país resume sus informes locales y los telegrafía quincenalmente a Londres y países vecinos, seguido de unas listas detalladas de los enjambres. Todos estos datos son analizados, tabulados y se inscriben sobre mapas a gran escala. A su vez el Centro publica un sumario mensual con la predicción de posibles acontecimientos. Ningún sistema rígido sería capaz de cubrir todas las necesidades, y así se procura obtener la información de toda clase de fuentes. Estos datos pueden a veces ser demasiado tardíos para incorporarlos en los sumarios corrientes, pero son de ayuda para que el Centro estudie las emigraciones, y pueden servir para orientar futuros planes estratégicos. Durante los últimos dieciseis años el Centro de Investigación contra la Langosta ha hecho uso de 8.000 listas de enjambres correspondientes a unos 100.000 datos sobre nubes individuales.

TACTICA DIARIA

En los tiempos primitivos los agricultores confiaban en amuletos para su protección y aún en 1942 se colgaban rogativas del Korán en medio de los cultivos del Irán. Los saltamontes eran ya batidos y quemados en los tiempos primitivos y aún hoy día estos métodos rudimentarios — poco eficaces y siempre costosos en mano de obra — son demasiado comunes. Más tarde apareció el método de las trincheras, con bandadas de saltamontes acorralados y forzados dentro de trincheras por grupos de hombres, y por más que esto requiere mucho personal ha sido ampliamente usado durante el presente ataque de la Langosta del Desierto, especialmente en la India.

La introducción de las vallas metálicas fué un avance sobre las trincheras y marcó un definido progreso, extraordinariamente popular. Es empleado aún, por ejemplo, en Siria y Sud América — en la Argentina solamente existen unos 32.000 Km. de vallas. Cuando una bandada llega a una barrera, los saltamontes volviéndose a derecha o izquierda van a parar a hoyos o corrales construídos a propósito y de los cuales no pueden escapar. Este método es engorroso y carece de movilidad.

El lanza-llamas — equivalente moderno de la simple quema — fué usado primeramente en Palestina en 1918. Son tan espectaculares que su popularidad no se pierde, a pesar de su ineficacia y elevado coste, y durante los últimos años han sido empleados en Eritrea, Tripolitania y Sud América, con la Argentina en primer lugar poseyendo unos 50.000 aparatos manuales.

El control químico apareció cuando los saltamontes fueron espolvoreados con una gran variedad de insecticidas de contacto, tales como el kerosene, aceite crudo y sosa caústica, y cuando la vegetación que servía de alimento a los saltamontes fué tratada con compuestos arsenicales. El control químico moderno data desde la introducción de los cebos envenenados y esta técnica sigue siendo la base de todas las campañas modernas.

La acción del cebo es debida a que las langostas, particularmente en su estado de saltamontes, son más atraídas por ciertas substancias que no por las plantas de su alimentación normal. Mientras un veneno de contacto ha de afectar a cada insecto, en cambio las langostas van en busca del cebo envenenado y por ende de su propia destrucción. El cebo consiste en una base atrayente, que es el vehículo, y un insecticida estomacal. Se han empleado una gran variedad de bases. Primeramente consistió en vegetación tierna cortada y más tarde estiércol; aunque el salvado es popular, actualmente otras muchas substancias son igualmente apropiadas, tales como serrín, barcia, residuos de semillas oleaginosas, gabazo, tallos de mijo triturados, o tusa de maiz y pergamino de café. La elección de la base del cebo depende de las condiciones locales, con preferencia para los productos de desecho sobre los alimentos animales. Sea cual fuere el material escogido, su eficacia depende principalmente de la cantidad de agua que pueda absorber y de su lentitud en secarse, puesto que la humedad es la principal causa de su poder de atracción.

La cuestión del ingrediente venenoso es más importante aún. Varios compuestos arsenicales, especialmente el arsenato sódico, han sido los más populares, aunque en algunas partes incluso los Estados Unidos, donde existía el riesgo de envenenar animales domésticos, ha habido preferencia por el silicofluoruro de sodio. Hasta 1944 la fórmula de cebo más corriente era: 100 Kg. de salvado seco; de 1,5–2 Kg. de arsenato de sodio y 100 litros de agua.

La introducción en 1944 del hexacloruro de benceno como veneno para cebos, es otro mojón en la evolución del control de la langosta. El principio del cebo sigue siendo el mismo, pero debido a dos características de este nuevo veneno se han abierto nuevas posibilidades. Debido a

que no es tóxico para los animales superiores en dosis corrientes, puede ser usado sin temor. Ello ha permitido introducir el control de la langosta en países muy atrasados en donde un solo accidente hubiera podido ser causa de antagonismos. Gracias a él se ha logrado un cambio radical de actitud en los países pecuarios de Sud América, en donde se inclinan a usar el cebo envenenado en vez de otros métodos más anticuados. En segundo lugar el hexacloruro de benceno mata tan rápidamente que uno siente el estímulo de cosechar los resultados en pocos minutos.

El componente tóxico del hexacloruro de benceno es el isómero « Gamahexano ». Un cebo normal contiene 0,5% de hexacloruro de benceno o sea 0,065% de « Gamahexano ». En manos expertas 5 Kg. de cebo pueden destruir bajo condiciones favorables una hectárea de saltamontes. Esto representa que menos de 2 gramos del propio insecticida pueden destruir quizás 5 millones de insectos. El cebo no resulta caro en sí mismo; pero los fletes y el transporte a través de quizás 800 Km. de desierto lo encarecen considerablemente y es esencial usarlo económicamente.

El comportamiento diario de los saltamontes, al igual que el comportamiento estacional de los enjambres, es una serie de reacciones cíclicas según el clima — más bien eco-climas que no climas regionales. A temperaturas elevadas así como a temperaturas bajas los saltamontes están inmóviles. A temperaturas intermedias, ligeras fluctuaciones determinan el que busquen alimentarse sin moverse, alimentarse en marcha o bien viajar sin nutrirse. La línea de su movimiento no es una cualquiera, sinó orientada según la dirección del viento, luz, radiación, y caracteres topográficos. Sólo puede aprenderse gradualmente cómo hacer uso con ventaja del veneno.

No existe un método exclusivo aplicable a los diferentes requerimientos de la lucha contra la langosta y esta técnica ha de ser tan flexible como la propia organización general. En años recientes la campaña contra la Langosta del Desierto ha sido llevada a cabo bajo las condiciones más variadas. En Irán, a 2.700 m. en la meseta central entre las comunidades agrícolas; en Siria, en los ricos jardines de regadío cerca de Damasco; en Transjordania, en las áridas laderas de las montañas de Moab a 300 m. bajo el nivel del mar; en el Sudán, en los campos de algodón del delta del Gash; en las tierras altas de Abisinia; en los desiertos de Arabia; en Kenya, en las zonas de altitud de Europa y en las provincias poco pobladas de la Frontera del Norte de la India; en las costas tórridas del Mar Rojo; en los uadís de Hadramaut; en las cercanías del valle del Nilo. Donde haya escasez de agua, puede emplearse un cebo seco con buenos resultados y en tales circunstancias puede volver a ser económico el espolvoreo con veneno de contacto.

Sea cual fuere la técnica adoptada la simplicidad y la mobilidad del equipo coadyuvan a su eficacia. Esta es la razón por la cual el cebo envenenado ha ganado el primer puesto entre los métodos de control.

ORGANIZACION

El espíritu de cooperación internacional ha sido alentado en varias conferencias internacionales, pero aunque éstas sean necesarias, se ha obtenido un progreso más positivo con el intercambio amistoso y menos protocolario entre los expertos. La destrucción de la langosta es un trabajo de pericia y debería ser de la responsabilidad de los entomólogos.

Las invasiones de langosta no pueden compararse con las de otros tipos de insectos dañinos de menor movilidad y el control de la langosta se acepta hoy día que es una función de gobierno para el bien común. Esto corre parejas con la necesidad de desarrollar un amplio trabajo de investigación y atacar a la langosta sea cual fuere el lugar en que se halle y por lejos que esté de las áreas cultivadas. Traspasar la responsabilidad desde el agricultor al gobierno señala ya una etapa de progreso, pero para combatir con éxito la langosta precisa poder establecer organismos más amplios que los países individuales.

Bajo la dirección gubernamental se pueden planear las operaciones científicamente y las campañas actuales de mayor éxito han sido aquellas realizadas por unidades de acción completamente equipadas contra la langosta. Desde las oficinas centrales el entomólogo encargado dirige las operaciones de acuerdo con las variaciones de las circunstancias.

Unidades móviles de campaña, esparcidas sobre el país y aprovisionadas en almacenes de suministro fijados en lugares estratégicos, constituyen la línea de ataque frontal. Cada unidad tiene su sistema de transporte independiente y debe ser capaz de la conservación de los vehículos durante toda la campaña. Debe poseer su sistema de señales propio con enlaces a través de las oficinas centrales con los demás destacamentos y el mundo exterior.

La fijación nitrogénica por algas verdi-azules

G. E. FOGG

La capacidad de ciertas especies bacteriales de fijar el nitrógeno atmosférico, y la importancia de dicho proceso en el mantenimiento de la fertilidad de la tierra, es un hecho conocido desde el final del pasado siglo. Pero sólo muy recientemente se ha descubierto que ciertas especies de algas verdi-azules son asimismo capaces de fijar el nitrógeno. Aunque dicho proceso tiene poco valor práctico en la agricultura de los países templados, parece tenerlo muy grande en ciertas regiones tropicales.

Las algas verdi-azules, o *Myxophyceae*, son plantas primitivas que presentan ciertas semejanzas con las bacterias, por ejemplo en el funcionamiento de la reproducción asexual, y la ausencia de un núcleo del tipo presente en animales y plantas superiores. Los individuos del orden *Chroococcales* son unicelulares y pueden darse separados o en colonias, como por ejemplo las dos especies de *Gloeocapsa*. Los miembros de los ordenes más desarrollados, *Nostocales* y *Stigonematales*, son filamentosos, como los *Petalonema*, *Anabaena*, y *Gloeotrichia*.

La primera indicación de la capacidad de dichas algas de fijar el nitrógeno la dió Frank [2] en su trabajo publicado en 1889, cuatro años antes del primer aislamiento de una bacteria de fijación nitrogénica por Winogradsky. Sin embargo, los cultivos de Frank eran impuros, y los primeros cultivos puros de que se pudo disponer no pudieron desarrollarse faltándoles nitrógeno combinado. A resultas de lo cual se vino a pensar generalmente que las algas, incluyendo las verdi-azules, no podían realizar la fijación nitrogénica y que allí donde se desarrollan aparentemente sin nitrógeno combinado lo hacen debido a la asociación con bacterias fijadoras de dicho elemento. Dicha opinión prevaleció hasta muy recientemente, y vino a ser reforzada cuando se aislaron tales bacterias a base de material algal [3]. La primera dificultad en la prueba de la fijación nitrogénica de las algas verdi-azules estriba en la dificultad de obtener cultivos libres de otros organismos. Es necesaria la obtención de cultivos puros ya que la presencia de contaminaciones, aunque éstas no puedan realizar la fijación por sí solas, puede significar que dicha fijación sea resultado de la asociación así formada. La capa gelatinosa que recubre a estos organismos es un campo muy fértil para el desarrollo bacterial y hace muy difícil su extinción a base de los medios ordinarios de cultivo.

La primera prueba satisfactoria de la fijación nitrogénica de las algas verdi-azules la llevó a cabo Drewes en 1928, y se basaba en investigaciones realizadas con cultivos puros obtenidos por un método laborioso de sub-cultivos [4]. Se han desarrollado desde entonces nuevos métodos para la obtención de cultivos puros, siendo el más conveniente el uso de la luz ultravioleta en irradiación dada, que mata a las bacterias y no a las algas [5, 6]. Los investigadores recientes se han preocupado ante todo de asegurar la pureza de los cultivos [7, 8] y no cabe duda de que han podido obtener cultivos de verdadera pureza. La prueba concluyente de la fijación por una determinada especie no sólo exige el uso de cultivos puros sino también un método seguro para demostrar el incremento del nitrógeno combinado. En la mayoría de los estudios algales se ha empleado el método de Kjeldahl para la estima del nitrógeno. Puede quizás criticarse su uso en investigaciones de este tipo [1], pero en cultivos que están libres inicialmente de nitrógeno combinado, tales como los que se han usado más comunmente, no tienen sentido las objeciones presentadas. Recientemente se ha demostrado la fijación nitrogénica del *Nostoc Muscorum* mediante el uso del isótopo pesado del nitrógeno como elemento radio-indicador [9], lo cual viene a confirmar la validez de los métodos empleados más comunmente.

Tenemos hoy pruebas convincentes de la capacidad fijadora de las siguientes especies de algas verdi-azules: *Nostoc punctiforme* [4, 6, 10], *N. muscorum* [9, 11], *N. paludosum* [6], *Anabaena variabilis* [4, 5, 6, 7], *A. gelatinosa* [7], *A. naviculoides* [7], *A. humicola* [6], *A. cylindrica* [6, 8], *A. ambigua* [12], *A. fertilissima* [12], *Cylindrospermum*

licheniforme [6], *C. maius* [6], *C. gorakhporense* [12], y *Aulosira fertilissima* [12]. Todas estas especies pertenecen a la misma familia, las *Nostocaceae*. Unicamente posteriores investigaciones podrán determinar si la fijación nitrogénica está confinada a dicha familia, pero mientras tanto es interesante especular sobre la posibilidad de que otras algas verdi-azules posean dicha propiedad. Es posible que las algas fijadoras conocidas pertenezcan todas a las *Nostocaceae*, debido a que esta familia es la más fácil de cultivar; pero todavía queda por investigar la gran mayoría de las algas verdi-azules, y no faltan indicaciones de que otras especies puedan realizar también dicha fijación, ya que se las encuentra en vigoroso crecimiento en zonas muy pobres de nitrógeno combinado. Se ha pretendido haber probado la propiedad de fijación de las especies de *Oscillatoriaceae* y de *Chroococcales* [13, 14] pero dichas pruebas no son muy evidentes, debido a lo dudoso de la pureza de los cultivos usados. Hay pocos datos que sirvan para demostrar que las algas verdi-azules no fijan el nitrógeno, pero es posible que ello sea debido a la poca utilidad de la publicación de dichos datos.

La fijación nitrogénica ocurre únicamente bajo ciertas condiciones bien definidas. Hasta ahora no se ha descubierto dicha fijación cuando el material algal se halla en estado « estático »: es esencial el crecimiento activo. Otra limitación es que la asimilación del nitrógeno libre no se produce si existe nitrógeno combinado; y así las sales amoniacales y los nitratos producen un efecto inhibitorio, no iniciándose la fijación hasta que dichos compuestos desaparecen del medio en que crecen las algas [8]. Aunque en un cultivo puro el crecimiento algal es tan favorable con el nitrógeno combinado como con el puro, en los cultivos mixtos el crecimiento de los organismos fijadores del nitrógeno tiende a ser dificultado por la presencia de dichos compuestos, ya que los organismos quedan expuestos a la competencia de otros que no fijan el nitrógeno. También es necesaria la existencia de molibdeno para la fijación nitrogénica de las algas verdi-azules [6]. Un ambiente ligeramente alcalino es el más favorable para el desarrollo de dichas algas, no produciéndose la fijación bajo el límite aproximado de *p*H 5,7 [11].

Aunque ha sido hasta ahora imposible extraer las enzimas de las células, poseemos muchos datos, obtenidos principalmente por métodos físico-químicos, acerca de las características del sistema enzímico que permite la fijación nitrogénica en las leguminosas y en el *Azotobacter* [1, 15].

Es evidente que el sistema de fijación nitrogénica de las algas verdi-azules es fisiológicamente semejante al de otros organismos. Sin embargo, ciertas diferencias de fisiología general hacen que la función de dichas algas sea en cierto modo diferente a la del *Azotobacter* y las leguminosas: una de dichas diferencias estriba en que mientras las algas son foto-sintéticas, las bacterias fijadoras son heterotróficas y dependen de compuestos carbónicos ya elaborados. Las algas son los organismos autotróficos más completos conocidos y pueden sintetizar las substancias biológicas necesarias a base de ácido carbónico, agua, nitrógeno libre, y sales minerales. Por consecuencia, dichas algas pueden mantenerse en condiciones en las que las bacterias no podrían existir, debido a la ausencia de carbohidratos, por ejemplo en la superficie desnuda de algunas rocas y en el mar abierto. Por otra parte, un ambiente en el que no pueda penetrar la luz, tal como las capas más hondas del suelo, aunque sea favorable a las bacterias, parecería no serlo a las algas; lo cual no es así, ya que algunas algas verdi-azules pueden crecer y fijar el nitrógeno en la oscuridad, siempre que se halle presente un carbohidrato asimilable [10, 11, 17].

Esta combinación de la nutrición a base de fijación nitrogénica y un sistema foto-sintético de las algas verdi-azules las asemeja al sistema bacterial-nodular-leguminósico. Sin embargo, en este último los órganos de foto-síntesis y de fijación nitrogénica se hallan separados, y la asimilación carbónica se produce en las partes verdes y al aire de la planta, y la asimilación nitrogénica en los nódulos de las raíces. Aun así, ambos procesos se hallan estrechamente relacionados [1]. En las algas verdi-azules, en las que la asimilación nitrogénica y carbónica se efectúa dentro de la misma célula, dicha relación debe ser mucho más estrecha; puede haber, por ejemplo, compuestos intermedios comunes. En la velocidad de desarrollo, las algas ocupan una posición intermedia entre las bacterias y las plantas leguminosas: en condiciones favorables de cultivo, *Anabaena cylindrica* alcanza un volumen doble en menos de 24 horas [18].

El nitrógeno fijado por las algas verdi-azules pasa finalmente a la circulación nitrogénica general, siendo asimilado por organismos que no pueden fijarlo por sí mismos. Dos formas existen de liberación de los compuestos nitrogenados: pueden ser excretados o diseminados por difusión

en el medio ambiente durante la vida del alga, o pueden ser liberados a su muerte y consiguiente descomposición o digestión. El filtrado derivado de cultivos sanos puede contener una considerable proporción de nitrógeno fijado — hasta un 50% — en forma orgánica soluble [7, 8, 17]. Tal excreción es relativamente mayor en colonias jóvenes [19] y no puede ser por tanto el resultado de la autolisis de células senescientes. Como ciertos organismos que no pueden fijar el nitrógeno pueden desarrollarse en cierto modo en cultivos sanos de algas fijadoras, parece que serían capaces de asimilar el nitrógeno excretado, al menos en cantidades limitadas. Lo mismo que otros organismos nitrógeno-fijantes, las algas verdi-azules poseen un alto contenido nitrogénico de 7 a 8%, en peso seco [18], y una razón correspondientemente baja de carbono/nitrógeno de 10 : 1 [7]. La descomposición bacterial de materia orgánica con una razón de carbono/nitrógeno tan baja resultaría en la inmediata producción de amoníaco [7], una forma de nitrógeno combinado fácilmente asimilable por las plantas superiores.

Queda por considerar la importancia de las algas verdi-azules como agentes nitrógeno-fijantes en los diversos ambientes en que residen. Lo primero que hay que determinar es, no sólo la presencia de dichos organismos, sino también si las condiciones fisiológicas permiten la realización de dicho proceso; la presencia de nitrógeno combinado asimilable y la ausencia de molibdeno parecen ser de gran importancia como factores que impedirían su realización. Se ha demostrado la existencia de cantidades infinitesimales de molibdeno distribuídas por toda la naturaleza [20], y no es aventurado presumir la existencia de cantidades suficientes en el ambiente vital de las algas para el proceso de fijación.

Las algas verdi-azules son comunes en tierras neutras y alcalinas, pero muy raras en condiciones ácidas [21]. Abundan más en las capas superficiales del suelo [21], aunque las pruebas existentes de que algunas especies pueden desarrollarse heterotróficamente parece indicar que no tienen que limitarse, por necesidad, a las capas superficiales expuestas a la luz. Además de las especies que se ha demostrado son nitrógeno-fijantes, hay otras muchas que, con toda probabilidad, también poseen dicha propiedad. La concentración de nitrato existente en las tierras en que habitan es, por lo general, suficiente para inhibir la asimilación del nitrógeno libre, pero es probable que en condiciones de escasez de compuestos nitrogenados — particularmente en la superficie — serían capaces de llevar a cabo la fijación. Aunque las algas verdi-azules se dan generalmente en tierras de valor agrícola en las regiones templadas, en que se hallan condiciones favorables para la fijación nitrogénica, es muy dudoso, sin embargo, que su facultad de nitrógeno-fijación tenga mucha importancia como factor contribuyente a la fertilidad.

Por otra parte, en ciertos suelos tropicales parecen ser de extraordinaria importancia para el mantenimiento de la fertilidad. En la India, por ejemplo, puede cultivarse el arroz en una misma parcela año tras año sin que sea necesario añadir estiércol; durante el crecimiento de la planta el terreno queda inundado y entonces las algas verdi-azules de diversas especies que se ha demostrado son nitrógeno-fijantes se desarrollan y multiplican considerablemente [7, 12], existiendo bastantes pruebas de que son dichas algas las que mantienen el nivel de fertilidad en los arrozales, y que el papel que las bacterias representan no tiene, con toda probabilidad, gran importancia [7].

Las algas verdi-azules se dan con frecuencia en aguas dulces, y así los llamados « capullos de agua » no son más que un copioso desarrollo de formas planktónicas. Son características especialmente en aguas neutras o alcalinas, con un contenido relativamente elevado de materia orgánica en disolución [22]. Algunas de dichas especies son *Anabaenas*, y casi con toda certeza fijan el nitrógeno, como han pretendido algunos investigadores [23, 24] aunque todavía faltan pruebas rigurosas. Otros tipos de algas verdi-azules planktónicas, por ejemplo la *Gloeotrichia natans* aún no han sido estudiadas en su propiedad nitrógeno-fijante. Cuando dichos organismos abundan más, el contenido de nitrógeno de los lagos es muy bajo [22] y es probable que no alcance la cantidad necesaria para inhibir la fijación. Se ha afirmado [23, 25] que en algunas aguas en las que abundan dichos organismos las algas son el principal agente productor del incremento de nitrógeno combinado; lo cual es, probablemente, cierto ya que el nitrógeno combinado de un « capullo » de algas verdi-azules puede representar una cantidad varias veces mayor a la de nitrógeno combinado necesario para su desarrollo, deduciéndose, por consiguiente, la existencia de fijación nitrogénica [19]. Las *Myxophyceae* pueden por lo tanto contribuir considerablemente a la productividad de las aguas dulces en las que se desarrollan.

Las algas verdi-azules son las plantas que generalmente colonizan primero la superficie desnuda de tierras y rocas; el mejor ejemplo conocido lo tenemos en la re-colonización del Krakatoa después de la explosión volcánica de 1883 que destruyó toda la vida vegetal visible en la isla, en la que las primeras plantas que aparecieron sobre las lavas y piedra pomez fueron algas verdi-azules, que formaron una capa gelatinosa de color verde oscuro unos años después de la erupción [26]. Otros miembros del mismo grupo realizan asimismo importante labor de avanzada, aunque no en condiciones tan espectaculares; así, mencionando sólo uno de los muchos ejemplos posibles, una comunidad de algas verdi-azules forman el estadio inicial de una sucesión vegetal de ciertos suelos erosionados [27], y las *Myxophyceae* toman parte muy importante en la colonización y estabilización de los pantanos salinos. En parte, su éxito como elemento colonizador se debe sin duda a su marcada facultad de resistir condiciones adversas, tales como la desecación, temperaturas extremas, y alta concentración salina, pero no podemos descontar además la capacidad de fijación nitrogénica como factor que determina su presencia en substratos poco favorables. De nuevo aquí tampoco tenemos pruebas concluyentes de que ciertas algas verdi-azules bien conocidas por su facultad colonizadora se hallen entre las que son capaces de fijación nitrogénica, aunque muchas de las especies que aparecen en las listas de algas colonizadoras pertenecen a las *Nostocaceae* [26, 27]. Hay, sin embargo, ciertas pruebas de que la colonización algal de rocas en condiciones desérticas, se debe a especies nitrógeno-fijantes que producen asimismo una acumulación de nitrato [14].

Además de las formas de vida independiente hay muchas algas verdi-azules que viven en más o menos íntima asociación con otras plantas, como por ejemplo con ciertas hepáticas, con el helecho *Azolla*, con cicadas, y con la planta de flor *Gunnera*. Muchos investigadores afirman que las *Nostoc punctiforme*, algas que se dan con la *Gunnera* y algunas cicadas, son nitrógeno-fijantes, afirmación que, al menos en un caso [10], parece bien fundada. Las especies de *Anabaena* que se hallan también en tales asociaciones no se ha probado definitivamente que posean dicha propiedad. Mientras en muchos casos estas algas pueden desarrollarse en cultivos artificiales, es generalmente bastante difícil [6]. La *Nostoc punctiforme*, aislada en las cicadas parece ser apenas capaz de nutrición autotrófica y necesita carbohidratos para su desarrollo y nitrógeno-fijación [10]. La planta anfitrión puede generalmente existir sin la infección algal, y no aparece claro qué beneficio pueda derivar del nitrógeno fijado. En algunos casos, como por ejemplo en el de *Azolla*, el comensal algal hace posible el desarrollo en un ambiente sin nitrógeno combinado [6]. Hay, por lo tanto, ciertas pruebas de que dichas asociaciones son simbióticas, aunque no tan desarrolladas ni tan satisfactorias como las que existen entre las *Leguminosae* y sus bacterias nodulares. Las plantas en ellas incluídas no tienen una distribución muy general.

Las algas verdi-azules forman también simbiosis con los hongos, y el comensal algal es en numerosas ocasiones miembro de las *Myxophyceae*. La fijación nitrogénica puede muy bien tener gran importancia en el proceso de mantenimiento de dichos organismos compuestos en rocas desnudas y otras situaciones inhóspitas.

REFERENCIAS

[1] WILSON, P. W. *The Biochemistry of Symbiotic Nitrogen Fixation* (Wisconsin, 1940).
[2] FRANK, B. *Ber. dtsch. bot. Ges.*, 1889, **7**, 34.
[3] JONES, J. *Ann. Bot., Lond.*, 1930, **44**, 721.
[4] DREWES, K. *Centralbl. Bakt.*, 1928, II, **76**, 88.
[5] ALLISON, F. E., y MORRIS, H. J. *Science* (N.S.), 1930, **71**, 221.
[6] BORTELS, H. *Arch. Mikrobiol*, 1940, **11**, 155.
[7] DE, P. K. *Proc. Roy. Soc.* B, 1939, **127**, 121.
[8] FOGG, G. E. *J. Exp. Biol.*, 1942, **19**, 78.
[9] BURRIS, R. H., *et al. Proc. Soil Sci. Soc. Amer.*, 1942, **7**, 258.
[10] WINTER, G. *Beirt. Biol. Pfl.*, 1935, **23**, 295.
[11] ALLISON, F. E., *et al. Bot. Gaz.*, 1937, **98**, 433.
[12] SINGH, R. N. *Indian J. Agric. Sci.*, 1942, **12**, 743.
[13] COPELAND, J. J. *Amer. J. Bot.*, 1932, **19**, 844.
[14] ODINTZOVA, S. V. *C. R. Acad. Sci.*, U.R.S.S., 1941, **32** (citado en *Nature*, 1943, **151**, 701).
[15] BURRIS, R. H., y WILSON, P. W. *Ann. Rev. Biochem.*, 1945, **14**, 685.
[16] *Idem. Bot. Gaz.*, 1946, **108**, 254.
[17] DE, P. K. Tesis doctoral inédita, Universidad de Londres, 1938.
[18] FOGG, G. E. *New Phytol.*, 1944, **43**, 164.
[19] *Idem.* Resultados inéditos.
[20] TER MEULEN, H. *Nature*, 1932, **130**, 966.
[21] JOHN, R. P. *Ann. Bot., Lond.* (N.S.), 1942, **6**, 323.
[22] PEARSALL, W. H. *J. Ecol.*, 1932, **20**, 241.
[23] HUTCHINSON, G. E. *Ecol. Monogr.*, 1942, **11**, 21.
[24] *Idem. Ecol.*, 1944, **25**, 3.
[25] ALEEV, B. S., y MUDRETSOVA, K. A. *Microbiology* (U.S.S.R.), 1937, **6**, 329; *Chem. Abstr.*, 1939, **33**, 5446.
[26] ERNST, A. *The New Flora of the Volcanic Island of Krakatoa* (Cambridge, 1908).
[27] BOOTH, W. E. *Ecol.*, 1941, **22**, 38.

Revista de libros

TRATAMIENTO DE METALES POR EL CALOR

Controlled Atmospheres for the Heat-Treatment of Metals, *por Ivor Jenkins, Prefacio de C. J. Smithells. Págs. x + 532, con 268 figuras, incluso numerosas planchas. Chapman & Hall Limited, Londres.* 1946. *Precio neto,* 50*s.*

El tratamiento de los metales por el calor en atmósferas controladas es un proceso de creciente importancia práctica. Realizados en la atmósfera ordinaria, los diversos tratamientos a que se somete a los metales y aleaciones durante su manufactura resultan por lo general en la oxidación de su superficie, con la posible pérdida de una cantidad considerable de metal por oxidación y el necesario pulimentado, estimándose, por ejemplo, que la pérdida anual de hierro sufrida en la Gran Bretaña en tal proceso alcanza a más de un millón de libras esterlinas, con anterioridad a 1939. A fin de reducir dichas pérdidas y de asegurar un perfecto acabado deben emplearse atmósferas apropiadas; pero no se trata únicamente de algo tan simple como la protección del metal contra la oxidación. Con los aceros, debe controlarse la carburización y descarburización de las capas superficiales, haciéndose quizás necesario el endurecimiento a base de nitruros; con el cobre debe evitarse que el proceso de desoxidación produzca el estado quebradizo. La esencia del problema es la obtención de un estado de equilibrio verdadero entre la atmósfera y el metal a todo lo largo de la escala de temperaturas empleadas.

A pesar del carácter altamente técnico de su asunto, el libro es muy ameno. Los problemas en él tratados pertenecen más bien al campo de la química que al de la metalurgía, y la obra comienza estudiando con gran lucidez el equilibrio químico y los sistemas gas-metal. Se describe a continuación la generación de atmósferas de fácil control (a base de amoníaco, hidrocarbonos y carbón vegetal). Sigue luego una excelente sección sobre el análisis, y a continuación un estudio muy completo de las aplicaciones industriales de las atmósferas controladas con varios aceros y aleaciones.

J. M. ROBERTSON

CRISTALES Y ROCAS

Kristalle und Gesteine, ein Lehrbuch der Kristallkunde und allgemeinen Mineralogie, *por P. Eskola. Págs. viii + 397, con 461 figuras. Springer-Verlag, Viena.* 1946.

Esta obra, aparecida primeramente en finlandés y ahora traducida y revisada en alemán, se divide en cinco secciones de idéntica longitud aproximadamente: geometría de los cristales, física cristalina, química cristalina, petrología y mineralogía sistemática.

Es evidente que, dada su extensión, la obra no puede estudiar dichos temas con gran profundidad, pero, con todo, su contenido está muy bien presentado.

La sección sobre el metamorfismo de las rocas sigue estrechamente, aunque en forma abreviada, el estudio del mismo autor en *Die Entstehung der Gesteine* (1939).

La última sección presenta un breve resúmen de los tipos cristalinos, con especial referencia a las substancias que ilustran la variedad de estructuras cristalinas que se hallan entre los minerales.

El volumen está bien impreso e ilustrado, y suministra un buen estudio general del amplio campo de trabajo posible sobre cristales y rocas.

C. E. TILLEY

LA SEDA

Bibliography of the Technical Literature on Silk, *por F. O. Howitt. Págs. xxiv + 248. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres.* 1946. *Precio neto,* 21*s.*

Los numerosos estudiantes, investigadores y técnicos, cuyos trabajos y estudios tocan la producción, propiedades y procesado de la seda hallarán en la obra del Dr. Howitt — una bibliografía crítica y completa de los trabajos publicados sobre la seda — un instrumento indispensable, debiendo estarles reconocidos a la Asociación Británica de Investigaciones sobre la Industria del Algodón por haber subvencionado su publicación.

La seda es un material tan antiguo, y su distribución geográfica tan extendida que se ha creado un vocabulario propio, por lo que el Glosario de términos de la seda que se halla al final de la obra ha de ser de considerable utilidad.

Los quince capítulos de la Bibliografía estudian sucesivamente las publicaciones sobre el cultivo de la seda en tanto que éste afecta a su subsecuente procesado, propiedades de la seda cruda, de la goma de la seda y de la seda desgomada, la preparación de las hilanderías de seda, blanqueado, desgomado, pesado y tinte, el tejido y punteado de la seda, el acabado de dichos productos, la prueba de los mismos, y el uso de dicha fibra para otros fines, además de la industria textil.

Las referencias van convenientemente agrupadas en capítulos y suplementadas con índices de patentes, temas, y autores.

El conocimiento especializado del autor le permite hacer un estudio crítico, mantenido a todo lo largo de la obra, prestando particular atención a los problemas de interés científico y técnico fundamental, sobre los que la literatura publicada es totalmente inadecuada o inexistente. E. B. ABBOT

LA LEY INGLESA DE PATENTES

Inventions, Patents, and Monopolies, *por P. Meinhardt. Págs.* 352. *Stevens & Sons Limited, Londres.* 1946. *Precio neto,* 25*s.*

Es muy raro hallar un libro de derecho que pueda leerse lo mismo que una novela, y ésta es precisamente la característica del libro de Mr. Peter Meinhardt sobre Invenciones, Patentes y Monopolios. Libro, por lo tanto, de interés para el jurista y para el lector en general, y en especial para el investigador científico que desee conocer el espíritu de la ley inglesa de patentes y el mecanismo de su funcionamiento. En él se examina la relación entre el inventor y el público en general, estudiándose el desarrollo de la ley inglesa de patentes, y tratando con todo detalle la actual práctica administrativa de la misma.

Aparece después un estudio de los abusos de los derechos monopolísticos de patentes, de especial interés ya que sirve para clarificar muchos puntos, en un momento en que por ser de gran actualidad la discusión sobre los sistemas de reforma económica, se ponen en constante relieve los supuestos abusos de las leyes de patentes.

Concluye la obra con diversas sugerencias acerca de posibles reformas, incluyéndose una muy interesante de dividir las patentes en «patentes de licencia» y «patentes plenas», según la ingeniosidad y originalidad de la invención. La protección monopolística quedaría también graduada de acuerdo con el mismo principio. También se estudia el valor de la jusrisprudencia en los litigios sobre patentes. L. R. HATTEN